ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME I.

IMPRIMERIE DE Ve THUAU,
rue du Cloître St-Benoît, n° 4.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

PAR MM. GAY-LUSSAC ET ARAGO.

TOME PREMIER.



PARIS,

Chez CROCHARD, Libraire, cloître Saint-Benoît, n° 16;
et rue de Sorbonne, n° 3.

~~1830.~~ 1817

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

JANVIER 1816.

Sur les Puissances réfractives et dispersives de certains liquides et des vapeurs qu'ils forment.

(Extrait d'un Mémoire sur la Théorie de la Réfraction.)

PAR MM. ARAGO ET PETIT.

Lu à l'Institut royal de France, le 11 décembre 1815.

LA théorie de la réfraction, envisagée sous le point de vue le plus général, est une des parties les plus importantes de l'optique, non-seulement à raison de ses nombreuses applications, mais encore par les conséquences qu'on peut en déduire relativement à la nature de la lumière et aux véritables causes de ses propriétés. Aussi les physiciens qui ont développé ou soutenu les divers systèmes imaginés pour l'explication des phénomènes de l'optique

se sont-ils particulièrement efforcés de rattacher la loi de la réfraction à l'hypothèse qu'ils admettaient.

Newton, en attribuant la réfraction à une attraction des corps pour la lumière, a donné de ce phénomène et de la loi à laquelle il est soumis une explication si naturelle et si claire, qu'on l'a toujours regardée comme un des principaux argumens en faveur du système de l'émission. Cependant, si l'on remarque que de toutes les conséquences générales déduites de l'hypothèse de Newton, la seule qu'on ait vérifiée jusqu'à ce jour se réduit à la loi du rapport constant des sinus d'incidence et de réfraction; si l'on observe d'ailleurs que cette loi peut se démontrer sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à l'idée d'une attraction, on sentira facilement qu'avant de se déterminer à adopter l'hypothèse de Newton, à l'exclusion de toutes les autres, il est indispensable d'examiner jusqu'à quel point les diverses conclusions qui en dérivent sont confirmées par l'expérience: tel est l'objet des recherches dont nous soumettons aujourd'hui une partie à la Classe. Pour en faire bien connaître le but, il est nécessaire de rappeler en peu de mots les points principaux de la théorie de la réfraction, telle que Newton l'a déduite de la supposition d'une attraction exercée par les corps sur la lumière.

Dans cette hypothèse, on conçoit aisément que lorsque les molécules dont se compose un rayon approchent du corps réfringent, l'attraction qu'il exerce sur elles change et leur vitesse et la direction de leur mouvement, et que ce mouvement redevient uniforme et rectiligne lorsque les molécules ont pénétré dans le corps jusqu'à la profondeur où l'attraction cesse d'être sensible. Le principe des forces

vives, applicable dans ce cas, prouve que la vitesse que la lumière a acquise par l'effet de la réfraction est indépendante de la direction initiale du rayon, et que le rapport de cette vitesse à celle de la lumière incidente est égal au rapport du sinus d'incidence au sinus de réfraction.

Le même principe des forces vives donne pour mesure de l'action totale du corps sur la lumière l'accroissement du carré de la vitesse du rayon; accroissement que pour cette raison on désigne sous le nom de *puissance réfractive.* Cette quantité doit évidemment dépendre de la nature du corps; mais, dans une même substance, elle doit rester proportionnelle à la densité, *car il est naturel de penser qu'une attraction s'exerce toujours proportionnellement à la masse, quelle que soit d'ailleurs la fonction de la distance suivant laquelle elle varie.* Dans cette SUPPOSITION, *le pouvoir réfringent*, c'est-à-dire le rapport de la puissance réfractive à la densité, ne doit plus dépendre que de la constitution chimique du corps, et rester constant quand la densité seule change.

Cette conséquence de la théorie de l'attraction n'a jamais été vérifiée, excepté dans les gaz. Mais si l'on fait attention que leur puissance réfractive est extrêmement faible, et que par conséquent l'accroissement de vitesse qu'ils impriment à la lumière est très-petit, on s'assurera, à l'aide d'un calcul fort simple, que l'expression que la théorie newtonienne donne pour la puissance réfractive n'est pas la seule qui, dans les gaz, reste proportionnelle à la densité, mais qu'il existe une infinité d'expressions différentes de celle-là, qui toutes satisferaient à la même condition. Il en résulte donc que, bien que les gaz paraissent avoir un pouvoir réfringent indépendant de

leur densité, on n'est nullement en droit d'en conclure que les corps solides et liquides jouissent de la même propriété.

Nous avons pensé que le meilleur moyen de décider complètement cette question serait de comparer le pouvoir réfringent de différens liquides à celui des vapeurs que ces liquides forment. Dans ce cas, le changement de densité est très-considérable, et l'un des corps au moins conserve une forte action sur la lumière. Nous avons donc fait choix des liquides qui, aux températures ordinaires de l'air, fournissent les vapeurs les plus abondantes. Nous avons mesuré la puissance réfractive de chacun de ces liquides et celle des vapeurs qui en dérivent; en comparant ces puissances réfractives aux densités connues des liquides et des vapeurs, il a été facile de voir si, dans chacun de ces corps, le pouvoir réfringent, c'est-à-dire l'expression analytique $\frac{i^2-1}{d}$, était indépendante de la densité.

Le résultat de nos expériences prouve rigoureusement le contraire. Elles s'accordent toutes à donner pour les vapeurs un pouvoir réfringent sensiblement moindre que celui des liquides qui les ont formées. Ainsi, pour ne citer qu'un seul exemple, le pouvoir réfringent du soufre carburé liquide rapporté à l'air, est un peu plus grand que 3, tandis que celui de la même substance à l'état de vapeur, rapporté également à l'air, ne surpasse pas 2.

Si l'on compare maintenant ce résultat à la théorie, on se trouve obligé, en admettant l'explication newtonienne de la réfraction, de supposer, ce qui du moins est une conclusion assez singulière, *que l'attraction* D'UN MÊME CORPS *pour la lumière ne s'exerce pas proportionnelle-*

ment à la densité. Malheureusement, le nombre des substances sur lesquelles on peut opérer avec précision à l'état de vapeur est trop petit pour qu'on puisse espérer de conclure des résultats de nos expériences aucune loi relative à la variation que le changement de densité fait subir à l'affinité des corps pour la lumière. Les liquides que nous avons essayés sont le soufre carburé, l'éther sulfurique et l'éther muriatique.

A défaut de ce moyen direct, il nous avait semblé que cette loi pourrait se déduire de la comparaison du pouvoir réfringent des gaz et de celui des corps solides ou liquides qu'ils forment en s'unissant. En effet, si dans les combinaisons de gaz qui conservent l'état gazeux, le pouvoir réfringent du composé était, comme on l'a cru jusqu'à présent, égal à la somme des pouvoirs réfringens de ses élémens, il en résulterait que l'acte de la combinaison ne modifierait en rien l'action des corps sur la lumière, d'où l'on pourrait conclure avec vraisemblance que le pouvoir réfringent d'un composé solide ou liquide ne diffère de la somme des pouvoirs réfringens de ses principes gazeux, qu'à raison de l'augmentation que ces derniers éprouvent par l'effet de la condensation.

Cependant, comme la loi relative à la force réfringente des gaz composés n'avait été établie que sur un petit nombre d'expériences, il était indispensable de s'assurer d'abord de son exactitude : or, les mesures que nous avons faites de la réfraction d'un grand nombre de gaz, nous ont prouvé que cette loi ne s'accordait pas toujours avec les résultats de l'observation.

On voit donc que le pouvoir réfringent d'un corps,

loin d'être constant comme la théorie newtonienne semblerait le prouver, *dans l'hypothèse la plus* NATURELLE *qu'on puisse faire sur l'attraction*, subit au contraire des variations, soit par l'effet du changement de densité, soit par l'état de combinaison dans lequel le corps se trouve. Pour déterminer l'influence de chacune de ces causes en particulier, il est nécessaire de mesurer avec exactitude les pouvoirs réfringens d'un grand nombre de substances, et ceux des combinaisons auxquelles elles donnent lieu. Quoique le travail que nous avons entrepris à cet égard embrasse déjà un nombre assez considérable de corps, nous avons senti la nécessité de l'étendre encore plus avant de chercher à lier par quelque loi générale les divers résultats auxquels nous sommes parvenus.

Les faits que nous venons d'établir nous ont paru d'une telle importance, relativement à la théorie de la lumière, que nous avons cru qu'il serait utile d'en suivre les conséquences dans les divers phénomènes qui, par leur nature, ont une liaison plus ou moins directe avec celui de la réfraction.

Les rayons diversement colorés dont se compose la lumière blanche, sont, comme on le sait, inégalement séparés les uns des autres par leur réfraction dans des corps de nature différente, et c'est en cela que consiste la différence de force dispersive des corps. Ce qu'il y a de plus naturel à prendre pour mesure du pouvoir dispersif, c'est la différence des pouvoirs réfringens relatifs aux couleurs extrêmes du spectre; et, dans la théorie newtonienne, cette différence devrait être constante pour un même corps, aussi-bien que le pouvoir réfringent des rayons moyens.

L'expérience nous ayant appris que ce dernier pouvoir diminuait avec la densité, il était facile de prévoir que la force dispersive diminuerait aussi; mais il était important d'examiner si ces variations suivraient la même loi. Pour y parvenir, il fallait déterminer le pouvoir dispersif des liquides et des vapeurs dont nous avions précédemment mesuré le pouvoir réfringent. La force dispersive des liquides pouvait s'obtenir aisément; mais il n'en était pas de même de celle des vapeurs. La réfraction qu'elles occasionnent dans un prisme étant très-faible, la dispersion, qui n'est qu'une partie très-petite de cette réfraction, est *à peine sensible*. Aussi, malgré l'importance d'une pareille détermination, soit dans les gaz, soit dans les vapeurs, les physiciens paraissent avoir renoncé à la déduire de l'observation. Mais comme l'objet que nous nous proposions exigeait une mesure directe, nous nous sommes efforcés d'atteindre ce but à l'aide d'un procédé dont nous donnerons une description détaillée. On verra de plus, par les résultats que nous apporterons, que les expériences faites sur une même vapeur, dans des circonstances différentes, s'accordent assez bien entre elles pour qu'on puisse regarder nos déterminations comme approchant beaucoup de la vérité.

En comparant les forces dispersives des vapeurs ainsi mesurées à celles des liquides dont ces vapeurs dérivent, nous nous sommes assurés que le pouvoir dispersif diminuait effectivement avec la densité; mais ce que l'observation nous a appris d'une manière non moins certaine, c'est que le pouvoir dispersif diminue dans un plus grand rapport que le pouvoir réfringent, ou, en d'autres termes, qu'en appelant i le rapport du sinus d'incidence au sinus

de réfraction, et d la densité du corps, le pouvoir réfringent $\frac{i^2-1}{d}$ est non-seulement variable pour une même classe de rayons, mais encore que la loi suivant laquelle ce changement s'effectue est différente pour les rayons diversement colorés.

Dans le soufre carburé que nous avons déjà choisi pour exemple, le rapport du pouvoir dispersif au pouvoir réfringent est 0,14 à l'état liquide, tandis qu'il se réduit à moins de 0,08 dans l'état de vapeur.

Ainsi, tandis que la variation du pouvoir réfringent pouvait encore s'expliquer, en admettant que l'attraction d'un même corps pour la lumière varie suivant une loi différente de celle de la raison directe des densités, on voit que, pour rendre compte de la variation observée dans le pouvoir dispersif, il faudrait supposer en outre que l'action d'un corps sur les rayons diversement colorés suit, dans les changemens de densité, une loi différente pour chacun de ces rayons. Ces diverses suppositions diminuent, sans doute, et la simplicité et la vraisemblance de la théorie newtonienne; mais, avant de rien décider à cet égard, il est nécessaire, nous le répétons, d'examiner avec beaucoup de soin les changemens que les forces réfringentes des corps subissent, soit par des variations de densité, soit par l'effet de la combinaison. Il est indispensable aussi de joindre à ces déterminations celles qui sont relatives aux forces dispersives dont les physiciens ne s'étaient jamais occupés jusqu'ici, et qui, comme nous l'avons annoncé, peuvent, à l'aide de précautions nombreuses, être déduites d'expériences directes.

Quoique le travail que nous nous proposons de pu-

blier sur cet objet soit fort avancé, nous avons pensé qu'il y aurait quelque utilité à faire connaître dès à présent les résultats que nous ont fournis nos expériences sur les liquides et les vapeurs.

NOTE

Sur le Principe colorant du sang des Animaux.

PAR M. VAUQUELIN.

1°. *Historique des Opinions émises par les Médecins et les Chimistes jusqu'à* M. Brande, *sur la nature du principe colorant du sang.*

Il paraît que Lémery est le premier qui, par des expériences, a démontré la présence du fer dans le sang. Menghini a cherché ensuite à déterminer le rapport de ce métal avec ce fluide animal.

Depuis cette époque, la plupart des médecins et des chimistes ont attribué la couleur du sang au fer; mais ce métal n'étant pas soluble par lui-même dans les fluides animaux, les chimistes ont cherché dans le sang quelque corps qui fût susceptible de remplir cette fonction, et les uns ont cru l'avoir découvert dans l'alcali minéral ou soude, qui existe en effet, en petite quantité, dans le sang (1); les autres, fondés sur ce que le sang fournit par l'incinération du sous-phosphate de fer, ont attribué cette fonction à l'acide phosphorique (2).

---

(1) MM. Déyeux et Parmentier.

(2) MM. Sage, Gren, Fourcroy et Vauquelin.

à moins qu'il n'y ait deux sortes de matières colorantes différemment solubles.

G) Il paraît que l'albumine s'oppose à la dissolution de la couleur du sang dans les acides; car, quand elle est pure, cette dernière s'y dissout très-abondamment.

4°. *Propriétés du Principe colorant du Sang.*

H) 1°. Elle n'a ni odeur ni saveur sensibles.

2°. Délayée dans l'eau, elle a une couleur rouge vineuse, mais ne s'y dissout point.

3°. Sèche, elle paraît noire comme du jayet, dont elle présente la cassure et le brillant.

4°. Ainsi desséchée, elle se dissout très-bien dans les acides et les alcalis, et communique une couleur rouge pourpre à ses dissolutions.

Sa dissolution dans l'acide muriatique ne trouble point la solution de muriate de baryte, ce qui prouve qu'elle ne retient point d'acide sulfurique quand elle a été bien lavée.

5°. L'acide gallique pur et le prussiate de potasse n'apportent aucun changement dans la couleur des dissolutions acides de cette matière, *ce qui annonce qu'elle ne contient point de fer,* tandis que dans la liqueur de laquelle ce principe a été précipité, ces deux réactifs montrent à l'instant l'existence du fer en quantité notable.

6°. L'infusion de noix de galle qui contient le tannin précipite la dissolution de matière colorante dans un acide, mais n'en change pas la couleur.

7°. Soumise au feu, dans un appareil fermé, elle ne change ni de forme ni de couleur; elle exhale une odeur

semblable à celle des matières animales, fournit du carbonate d'ammoniaque et une huile rouge pourpre, mais presque pas de gaz.

8°. Après avoir éprouvé ainsi l'action de la chaleur, elle ne se dissout plus dans les acides ni dans les alcalis : elle est réduite à l'état charbonneux. Comme cette matière ne change pas sensiblement de volume dans cette opération, elle doit contenir beaucoup de charbon.

9°. Cette matière étant par elle-même insoluble dans l'eau, il faut que dans le sang il y ait quelque substance qui en opère la dissolution ; c'est probablement de l'alcali, car il n'en faut qu'une très-petite quantité pour dissoudre cette matière.

Cependant, comme la couleur du sang se dépose à la longue du lavage de son caillot, il semblerait qu'elle n'y serait qu'en suspension.

10°. La dissolution du principe colorant du sang dans l'acide nitrique étendu d'eau, n'éprouve pas de changement dans sa couleur : le nitrate d'argent ne la trouble pas ; mais l'acétate de plomb y forme un précipité brun, et la décolore entièrement.

11°. Le caillot de sang qui a bouilli plusieurs fois avec l'acide sulfurique, se dissout entièrement dans une petite quantité de potasse, d'où l'acide muriatique la précipite entièrement, à moins qu'on ne mette un excès de ce dernier : alors la solution conserve une couleur rouge.

12°. Quand, par des lavages réitérés à l'eau froide, on a enlevé de la masse du sang la plus grande partie de l'acide sulfurique, le résidu se dissout abondamment dans l'eau chaude ; mais la dissolution qui en résulte

n'a pas une couleur rouge : elle est, au contraire, brune.

13°. L'albumine du sang qui contient de la matière colorante, la dépose par le repos au bout d'un certain temps, et la liqueur devient jaune-verdâtre. Mais si cette matière colorante reste dans l'albumine jusqu'au moment où celle-ci commence à se décomposer, elle se redissout, et la liqueur reprend une couleur écarlate, parce que l'ammoniaque qui se développe par la putréfaction produit cet effet, et la dissolution qui est rouge devient écarlate en se mêlant à l'albumine qui est jaunâtre.

14°. Si sur l'albumine de bœuf on verse 2 parties d'alcool froid, et qu'après avoir filtré la liqueur et égoutté le coagulum on le fait bouillir avec 7 à 8 parties de nouvel alcool, celui-ci se colore en beau jaune de citron ; enfin, si l'on réitère trois ou quatre fois la même opération, l'alcool cesse de se colorer, et l'albumine devient blanche.

L'alcool évaporé dans une cornue, laisse une huile grasse, d'une couleur jaune, d'une saveur douce et d'une consistance molle.

15°. D'après les expériences de M. Brande et les miennes, qui en sont une confirmation dont, à la vérité, elles n'avaient pas besoin, le sang doit sa couleur à une matière particulière de nature animale, produite par les forces vitales, et particulièrement par l'influence de la respiration ; et l'opinion des médecins et des chimistes qui jusqu'à ces derniers temps attribuaient à la présence du fer cette propriété, doit être abandonnée, au moins comme en étant la seule cause, puisque l'on peut obtenir cette substance isolément exempte de ce métal.

Réflexions.

Quoique l'on tire du sang, à l'aide des moyens énoncés plus haut, une couleur dans laquelle les épreuves les plus délicates ne peuvent faire découvrir la plus petite trace de fer, cependant il faut avouer que la couleur de cette matière diffère beaucoup de celle du sang entier : celui-ci a, comme tout le monde sait, une couleur rouge vive, analogue à l'écarlate. Le principe dont il s'agit, lorsqu'il a été séparé du sang, a une couleur rouge pourpre, et même violacée, qui paraît verdâtre par réfraction.

Il est vrai que le sang, privé pendant quelque temps de l'influence de l'air, contracte une couleur pourpre vineuse, assez semblable à celle du principe colorant isolé; mais aussitôt que ce sang est de nouveau exposé à l'air, il reprend sa couleur vermeille telle qu'elle était auparavant, et c'est ce qui n'arrive pas au principe colorant, qui ne change nullement à l'air.

Cette matière aurait-elle subi quelque altération par les acides et la chaleur qu'on est obligé d'employer pour la séparer des autres substances qui l'accompagnent dans le sang? ou est-ce au mélange ou à la combinaison de ce principe avec les autres élémens du sang que la couleur de celui-ci est due?.

Si l'existence de l'huile dont nous avons parlé plus haut est constante dans le sang de l'homme et des animaux, ce fluide serait composé de quatre élémens essentiels et constitutifs; savoir : 1° d'albumine; 2° de fibrine; 3° de matière colorante; 4° d'huile grasse et douce.

J'ai, à l'exemple de M. Brande, essayé de fixer sur le coton, à l'aide de différens mordans, la matière colorante

du sang, dissoute, soit dans les acides, soit dans les alcalis; mais je n'ai rien obtenu de beau ni de solide. Je doute que cette matière puisse être jamais employée avec succès pour la teinture.

EXPÉRIENCES

Sur la combustion du Diamant et d'autres Substances carbonacées;

PAR M. HUMPHRY DAVY.

Lu à la Société royale, le 23 juin 1814.

DEPUIS qu'on a montré, par différentes expériences exactes, que le diamant et les substances carbonacées communes, consument, en brûlant, à peu près la même quantité d'oxigène, et produisent un gaz ayant les mêmes caractères apparens, on a formé plusieurs conjectures pour expliquer les différences remarquables des propriétés physiques de ces corps, en admettant quelque légère différence dans leur composition chimique; mais ces conjectures ayant été souvent discutées, il ne sera pas nécessaire de nous y arrêter. MM. Biot et Arago, d'après le grand pouvoir réfringent du diamant, ont supposé qu'il pouvait contenir de l'hydrogène. J'ai avancé moi-même, dans ma troisième leçon Backerienne, d'après sa propriété non conductrice et l'action que le potassium exerce sur lui, qu'il pouvait renfermer une petite portion d'oxi-

gène; et dans ma relation de quelques Expériences nouvelles sur les Composés fluoriques (1), j'ai émis l'idée que le principe carboné pouvait être combiné avec quelque nouvel élément subtil, de la classe des soutiens de la combustion. M. Guyton-Morveau, qui croyait avoir prouvé par des expériences faites il y a quatorze ans, que les substances charbonneuses communes étaient des oxides de diamant, paraît encore persister dans la même opinion, d'après ses dernières recherches exécutées de la même manière que celles de MM. Allen et Pepys; seulement il admet dans le charbon une quantité d'oxigène beaucoup plus petite qu'il ne l'avait supposée d'abord, et il considère le diamant comme du carbone pur, contenant peut-être quelques atômes d'eau de cristallisation.

J'ai eu long-temps le désir de faire quelques recherches sur la combustion du diamant et des autres substances carbonées, et ce désir s'était renouvelé à l'occasion des faits nouveaux présentés par l'iode, qui, en se combinant avec l'hydrogène, produit un acide si analogue à l'acide muriatique, qu'il a été confondu pendant quelque temps avec lui. Mon objet, dans ces recherches, était d'examiner avec une scrupuleuse attention s'il se séparait quelque matière particulière du diamant pendant sa combustion, et de déterminer si le fluide élastique qui en est le produit, avait exactement toutes les propriétés de celui que donne la combustion du charbon. J'ai été dernièrement en état d'accomplir mes désirs, et je vais avoir maintenant l'honneur de communiquer mes résultats à la Société royale.

(1) Trans. philos. pour 1814. Partie 1re, pag. 72.

Pendant mon séjour à Florence, à la fin de mars et au commencement d'avril, je fis plusieurs expériences sur la combustion du diamant et de la plombagine, avec la grande lentille du Cabinet d'Histoire naturelle, la même qui a été employée par Cosme III, grand-duc de Toscane, dans les premières expériences sur l'action de la chaleur solaire sur le diamant; et depuis, j'ai fait une série de recherches sur la combustion de différentes espèces de charbon, dans le laboratoire de l'Académie des Lyncei, à Rome. Dans la première série, j'eus l'honneur d'être aidé par le comte Bardi, directeur du Muséum florentin, et par M. Gazzari, professeur de chimie dans le même établissement; et dans la dernière série, par MM. Morrichini et Barlocci, professeurs au collége de la Sapienza, à Rome.

Dans mes premiers essais sur la combustion du diamant, je fis une observation que je crois nouvelle; savoir, que le diamant, après avoir été échauffé fortement par la lentille dans une capsule mince de platine, percée de plusieurs trous, afin de laisser à l'air une libre circulation, continue à brûler dans le gaz oxigène, après avoir été retiré du foyer de la lentille. La lumière qu'il produit est tranquille, et d'un rouge si brillant, qu'elle est visible dans la plus grande clarté du soleil; et la chaleur produite est si intense, que, dans une expérience dans laquelle trois fragmens de diamans du poids de 0,119 gr., furent brûlés, un fil délié de platine qu'on avait employé pour les fixer dans la capsule fut fondu, et cela quelque temps après que les diamans avaient été retirés du foyer.

Cette circonstance me mit en état d'adopter, pour mes

recherches, un appareil et un mode d'opérer très-simples, et de terminer en quelques minutes des expériences qu'on avait supposé demander la présence d'une vive lumière solaire pendant plusieurs heures.

Mon appareil consistait en globes de verre bien transparens, de la capacité de $0^{\text{lit}},230$ à $0^{\text{lit}},665$, n'ayant qu'une ouverture fermée par un robinet; un petit cylindre creux de platine, que j'emploie dans mes expériences au chalumeau, était attaché à l'une des extrémités du robinet, et portait une petite capsule de platine, percée de plusieurs trous, pour contenir le diamant. Lorsqu'on était sur le point de faire l'expérience, on faisait le vide, avec une très-bonne pompe, dans le globe où étaient la capsule et le diamant, et l'on y introduisait du gaz oxigène pur, retiré du chlorate de potasse. Le globe, avant et après l'expérience, était ramené à la même température que l'eau sur laquelle le gaz oxigène avait séjourné; et comme pendant la courte durée, nécessaire pour la combustion, le thermomètre et le baromètre restaient sensiblement stationnaires, il n'était pas nécessaire de faire aucune correction pour la température ou la pression. Le changement de volume dans le gaz, après la combustion, fut évalué par le moyen d'un tube d'un petit diamètre, portant un robinet, et réuni par le moyen d'un écrou au robinet du globe, et on appréciait l'absorption par la quantité de mercure qui entrait dans le tube; moyen qui est si exact, qu'une variation de volume, si petite qu'elle fût, ne pouvait échapper. Comme la force élastique de la vapeur de l'eau ne varie pas pour la même température, il était évident que s'il se formait de l'eau dans ces expériences,

elle devait se déposer sous forme de rosée ou de brouillard dans le globe; et je suis convaincu, par des épreuves directes, qu'une quantité d'humidité qu'on ne pourrait pas apprécier avec une balance sensible à un centième de grain, devient visible lorsqu'elle se dépose sur une surface de verre polie (1). Les diamans furent toujours chauffés au rouge avant d'être introduits dans la capsule.

Pendant la combustion du diamant, le globe de verre fut maintenu froid par l'application de l'eau à la partie qui était immédiatement au-dessus de la capsule, et où la chaleur était la plus grande.

Dans la première expérience, trois diamans pesant ensemble 0,105 gr. furent entièrement consumés dans une quantité de gaz oxigène plus de trois fois plus grande que celle nécessaire pour les convertir en acide carbonique. Dans ce cas, une fois que la combustion eut commencé, elle continua sans une nouvelle application de la lentille, jusqu'à ce qu'il ne restât plus qu'un très-petit morceau du plus gros diamant en contact avec la capsule, et encore disparut-il rapidement aussitôt qu'on eut dirigé sur lui le foyer de la lentille. En ramenant

(1) Un morceau de papier, pesant 0,060 gr., fut introduit dans un tube d'environ 0,065 lit. de capacité, et on chauffa doucement l'extérieur avec une bougie : immédiatement après, une légère rosée se fit apercevoir dans l'intérieur du tube à sa partie supérieure; et le papier, retiré et pesé aussitôt dans la balance dont on vient de parler, n'avait éprouvé aucune perte de poids appréciable.

le globe à sa température primitive, on observa très-lietinctement un dépôt d'humidité; mais, en disposant l'appareil de matière à apprécier le changement de volume du gaz, il n'y entra que $1^{gr.},359$ de mercure. Dans cette expérience, le cylindre de platine ayant été assujetti dans le robinet par le moyen d'un petit bouchon de liége percé, il parut probable, vu la petite diminution du gaz, que l'apparence de l'humidité pouvait être due à la vapeur qui se serait élevée du liége pendant la combustion; et l'expérience suivante confirma cette conjecture.

Dans cette expérience, on employa $0^{gr.},142$ de petits diamans, et un globe de verre de la capacité de $0^{lit.},244$. Aussitôt que la capsule fut placée au foyer de la lentille, pendant un beau soleil, les diamans brûlèrent avec un grand éclat, et ils continuèrent à brûler jusqu'à ce qu'ils eussent diminué considérablement de poids; mais la combustion se ralentit graduellement, et elle s'arrêta avant qu'ils eussent diminué en apparence de la moitié de leur volume. En les plaçant de nouveau dans le foyer, après avoir agité le globe pour les changer de place, la combustion recommença; mais la lumière était beaucoup moins vive que précédemment, et la combustion dura beaucoup moins de temps. On les exposa aux rayons concentrés du soleil une troisième et une quatrième fois; mais ils parurent ensuite incapables de brûler, et quoique tenus pendant quelques minutes dans le foyer, ils ne parurent éprouver aucune diminution ultérieure : il resta deux fragmens qu'on trouva du poids de $0^{gr.},034$. Le baromètre, pendant l'expérience, s'était maintenu à

0,7594, et le thermomètre à 13,3. Lorsque le globe fut ramené à sa température primitive, on n'y aperçut point la plus légère trace de vapeur ou d'humidité; l'intérieur était aussi clair qu'avant l'expérience, et on ne remarquait dans la capsule aucune matière solide particulière. Les fragmens de diamant qui restaient n'étaient point noirs; mais ils avaient perdu leur poli comme le verre qui a été attaqué par l'acide fluorique, et à aucune époque du procédé ils ne présentèrent des marques de carbonisation. Lorsqu'on établit une communication, au moyen du robinet, entre l'intérieur du globe et une surface de mercure, il n'y entra qu'une petite quantité de métal, du poids seulement de 0,097.

Une portion du gaz du globe fut transportée dans un tube sur la cuve au mercure, et l'oxigène fut absorbé par la combustion du phosphore: 3,5 parties de gaz, traitées de cette manière, laissèrent un résidu de 2,5 parties. Une autre portion du gaz fut agitée avec de l'eau de chaux, et sur 10 parties il y en eut 7 d'absorbées. Je soumis le gaz qui restait après la combustion du phosphore à diverses épreuves: il avait non-seulement les caractères ordinaires de l'acide carbonique, mais il présentait encore les mêmes phénomènes chimiques. Du potassium chauffé fortement dans ce gaz, dans un petit tube de verre sur le mercure, y brûla avec une lumière d'un rouge sombre, et forma un produit alcalin de la même couleur noire que celui qu'il produit par sa combustion dans l'acide carbonique provenant de la dissolution du marbre: l'eau distillée en absorba un peu moins que son propre volume, devint aigrelette, pétilla par l'agitation, prit le goût et

l'odeur d'une solution d'acide carbonique dans l'eau, précipita de la même manière l'eau de chaux, et redissolvit le précipité lorsqu'elle fut en excès. Pour déterminer si ce précipité avait exactement la même composition que le carbonate de chaux pur, j'en préparai une quantité suffisante en versant de l'eau de chaux dans le récipient contenant les résultats de la première expérience; et, après l'avoir réuni et séché à la température de l'eau bouillante, j'en enveloppai une certaine quantité avec une feuille de platine, et je l'introduisis dans un tube de verre rempli de mercure. Je pris pour terme de comparaison une égale quantité de marbre de Carrare réduit en poudre très-fine, et desséché de la même manière; je les décomposai par des quantités égales d'acide hydro-chlorique. Dans cette expérience, le marbre de Carrare donna un peu plus de gaz que le carbonate de chaux provenant du diamant; mais, en examinant la feuille de platine après l'expérience, je trouvai qu'il y restait un peu de carbonate de chaux. Je fis deux autres expériences semblables, en me servant de papier à filtrer au lieu de feuilles de platine, pour envelopper les carbonates, et j'obtins exactement de part et d'autre les mêmes quantités de fluide élastique.

Je mis du carbonate de chaux, provenant du diamant, dans un tube de verre, sur du potassium, et, en chauffant, je le fis traverser par la chaleur métallique: il y eut ignition, et il se forma une substance d'un noir intense; cette substance fut traitée par l'acide hydro-chlorique délayé, et il resta une poudre noire fine, qui brûla comme le noir de fumée, et qui, projetée dans le nitre en fu-

sion, scintilla et disparut de la même manière que la poudre de charbon.

Le gaz qui restait dans la seconde expérience, après l'absorption de l'acide carbonique, soutenait vivement la combustion, et diminuait avec le gaz nitreux; mais comme on ne s'était pas assuré, avant l'expérience, du degré de pureté du gaz oxigène que l'on avait introduit dans le globe, il fut impossible de déterminer avec précision s'il ne s'était pas dégagé quelque fluide élastique pendant la combustion du diamant. Ce fut pour déterminer ce point que je fis une troisième expérience. Un diamant, du poids de 0,060$^{gr.}$, fut mis dans la capsule de platine, qui était placée dans un globe rempli d'eau et renversé sur le même liquide. On introduisit dans le globe du gaz oxigène (de celui qui se dégage vers la fin de la décomposition du chlorate de potasse), de manière à déplacer l'eau au-dessous du niveau de la capsule. Le foyer de la grande lentille fut dirigé sur la capsule, et à l'instant elle fut desséchée, ainsi que le diamant; celui-ci entra bientôt en ignition, et brûla comme à l'ordinaire. Lorsque l'expérience fut terminée, on absorba l'acide carbonique avec l'eau de chaux, et le gaz restant, dont le volume était environ égal au tiers de celui de l'oxigène employé, fut analysé comparativement avec une portion du même oxigène qu'on avait introduit dans le globe, en mêlant deux mesures de gaz nitreux à une mesure de chacun des deux gaz : avec le premier, la diminution fut de 1 ou 2 centièmes plus petite qu'avec le second; mais cette petite

différence est celle à laquelle on pouvait s'attendre, et qui enfin ne pouvait manquer d'exister, si l'on considère que, pendant l'absorption de l'acide carbonique par l'eau pure et l'eau de chaux, il se dégage toujours une petite portion d'air commun.

Dans cette dernière expérience, il resta un petit fragment de diamant, semblable en apparence à celui de la seconde expérience, et sa couleur, qui était originairement jaune, était devenue plus sombre. Dans chacune des trois expériences, on ne remarqua aucune apparence de carbonisation au moment où la combustion s'arrêta, par suite de l'impureté du gaz, quoique les diamans fussent de diverses eaux et de couleurs variées.

Un morceau de plombagine de Borrowdale, dans le Cumberland, du poids de 0,129 gr., fut exposé au foyer de la lentille de la même manière que le diamant dans la première et la seconde expériences, après avoir été préalablement chauffé au rouge; la quantité de gaz oxigène employé s'élevait à 0,139 lit. : il resta plus de la moitié de la plombagine; et pendant la combustion il se produisit des cendres brunes. Les phénomènes, dans cette expérience, étaient très-différens de ceux observés dans les expériences sur le diamant : le gaz devint nuageux pendant la combustion, et il se déposa beaucoup de rosée sur les parois intérieures du globe. Lorsque la température primitive fut rétablie et le robinet ouvert, il entra 6,254 gr. de mercure dans le globe, et on remarquait même des gouttes d'humidité condensée sur ses parois.

Dans la seconde série d'expériences, on employa du charbon formé par l'action de l'acide sulfurique sur l'huile de térébenthine, et celui produit pendant la formation de l'éther sulfurique, sur lesquels on avait distillé de l'acide nitrique, et qui ensuite avaient été fortement calcinés ; enfin du charbon de chêne qui avait été traité de la même manière.

On employa 0,194 gr. de charbon de la térébenthine, 0,162 gr. de celui de l'alcool, et 0,324 gr. de celui du chêne : pendant toutes les combustions, le gaz devint nuageux ; et, après le rétablissement de la température initiale du globe, on y trouva de l'humidité condensée : la plus grande quantité fut produite par le charbon de chêne, et la plus petite par celui de l'huile de térébenthine. Le charbon de chêne laissa des cendres blanches, composées en grande partie de carbonate de chaux ; celui de l'huile de térébenthine ne laissa aucun résidu ; celui de l'alcool, qui avait été obtenu par le procédé ordinaire de la préparation de l'éther, laissa une petite quantité de cendres dues probablement à l'impureté de l'acide sulfurique employé.

La quantité de mercure qui entra dans l'appareil, et qui indiquait le changement devolume du gaz, était dans l'expérience sur le charbon de térébenthine, de.. 6,959 gr.

Dans celle sur le charbon de l'alcool. .. 12,592 gr.

Dans celle sur le charbon de chêne. .. 32,230 gr.

D'après les résultats de ces diverses expériences, il est évident que le diamant, en brûlant, ne donne d'autre produit que du gaz acide carbonique pur, et que l'opé-

-tion consiste dans une simple dissolution du diamant dans le gaz oxigène, sans aucun changement dans le volume du gaz ; car la légère absorption, dans la seconde expérience, excède à peine le volume occupé par les diamans avant leur combustion.

Il est de même évident qu'il se produit de l'eau dans la combustion des différentes espèces de charbon ; et, d'après la diminution du volume du gaz, il y a tout lieu de croire que l'eau est formée aux dépens de l'hydrogène existant dans le charbon. Les expériences que j'ai rapportées dans ma troisième leçon Backerienne prouvent la présence de l'hydrogène dans le charbon commun ; et comme le charbon de l'huile de térébenthine ne laisse aucun résidu, on ne peut attribuer à d'autre cause qu'à la présence de l'hydrogène, la diminution qu'éprouve le gaz oxigène pendant sa combustion.

M. Guyton - Morveau (1) a remarqué la production de l'eau pendant la combustion de la plombagine de Keswick : d'après ces expériences, il est le plus probable qu'elle se forme pendant la combustion, car il est invraisemblable que l'eau puisse rester combinée avec la plombagine à une chaleur rouge ; et dans les diverses expériences que j'ai faites sur l'ignition de la plombagine, au moyen de l'électricité voltaïque, je n'ai jamais aperçu la séparation d'aucune humidité ou la production d'aucun gaz ; de sorte qu'il est plus probable que la plombagine contient de l'hydrogène intimement combiné. On ne peut supposer que l'eau y existe en combinaison

---

(1) Annales de Chimie, vol. LXXXIV, p. 241.

avec l'oxide de fer ; car, dans ce cas, on ne pourrait assigner aucune cause pour la diminution de volume du gaz ; et toutes les analogies sont en faveur de l'opinion que le fer y est à l'état métallique.

Le résultat général de ces expériences est opposé à l'opinion, que les substances carbonacées communes diffèrent du diamant en ce qu'elles contiennent de l'oxigène ; car, dans ce cas, elles devraient augmenter au lieu de diminuer le volume de l'oxigène. Il n'est pas non plus favorable à la supposition que le diamant contient de l'oxigène ; car la différence dans la quantité d'acide carbonique produit dans les différentes expériences n'est pas assez grande pour qu'on ne puisse l'attribuer raisonnablement à la formation de l'eau dans la combustion des substances carbonacées communes ; et les résultats des expériences que j'ai citées au commencement de ce Mémoire, relativement à l'action du potassium sur le diamant, peuvent être aisément expliqués par d'autres circonstances (1).

On peut expliquer pourquoi le charbon est plus inflammable que le diamant, par son tissu lâche et par l'hydrogène qu'il contient; mais le diamant paraît brûler dans l'oxi-

---

(1) *Voyez* ma leçon Backerienne pour 1808. Le potassium décompose la silice lorsqu'on le chauffe dans le verre ; et dans le cas où l'on a chauffé pendant long-temps des quantités égales de potassium dans des tubes de verre, l'une en contact avec le diamant, l'autre seule, celle en contact avec le diamant doit avoir agi sur une beaucoup plus grande surface de verre.

gène avec autant de facilité que la plombagine, de manière au moins que ces expériences détruisent toute distinction que l'on supposerait exister, à cet égard, entre le diamant et les substances carbonacées communes.

Un fait que j'avais autrefois observé, savoir, le noircissement du diamant pendant sa longue exposition à l'action du potassium chaud, m'avait conduit à soupçonner, au commencement de ces recherches, que le charbon commun pouvait devoir sa couleur, son opacité et son pouvoir conducteur, à de petites portions des métaux, des alcalis ou des terres, et la plombagine au fer qu'elle contient; mais lorsque j'eus reconnu que le charbon d'huile de térébenthine, qui brûle sans résidu, et celui précipité du gaz hydrogène carboné par le chlore, avaient les mêmes propriétés, il fallut renoncer à cette opinion.

La seule différence chimique que l'on puisse assigner entre le diamant et le charbon commun, c'est que le dernier contient une petite proportion d'hydrogène; mais la quantité d'un élément, moindre dans quelques cas que la $\frac{1}{50000}$ partie du poids de la substance, peut-elle produire une aussi grande différence dans les caractères physiques et chimiques? Cela est possible, quoique contraire à toute analogie; mais j'incline davantage à adopter l'opinion de M. Tennant, que la différence dépend de la cristallisation. Les corps solides transparens sont en général non-conducteurs de l'électricité, et il est probable que le même arrangement corpusculaire qui donne à la matière le pouvoir de transmettre et de polariser la lumière, préside aussi à ses propriétés électriques. L'eau,

les hydrates d'alcalis, et beaucoup d'autres corps qui conduisent le fluide électrique pendant qu'ils sont liquides, ne le conduisent plus lorsqu'ils sont cristallisés.

La propriété qu'ont certaines substances carbonacées d'absorber les gaz et de séparer les matières colorantes des liquides, est probablement mécanique, et dépend de leur porosité; car elle appartient, au plus haut degré, au charbon de nature végétale ou animale, et on ne la trouve point dans la plombagine, le coke, ou l'anthracite.

On peut tirer de ces expériences les mêmes conclusions, relativement à la composition de l'acide carbonique, que de celles de MM. Allen, Pepys et Théodore de Saussure. Si l'on établit les calculs sur la différence de poids entre le gaz oxigène et le gaz acide carbonique, ce qui paraît être la méthode la plus exacte, l'acide carbonique contiendrait, d'après la moyenne des pesanteurs spécifiques des deux gaz, données par M. Théodore de Saussure (1), deux proportions définies d'oxigène et une de carbone, ou 20 parties du premier, et 7,54 du second.

En supposant que la diminution de l'oxigène dans la combustion des matières carbonacées communes est entièrement due à la formation de l'eau, il est aisé de calculer la proportion d'hydrogène qu'elles contiennent; mais, pour la plombagine, il y a probablement dimi-

---

(1) Annales de Chimie, vol. LXXI - p. 261. Cette évaluation est la même que celle que j'ai donnée, *Elem. of Chem. phil.* p. 305.

nution d'oxigène, à cause de l'oxidation du fer; et il n'est point certain que les cendres produites par le charbon des substances végétales y existent dans l'état de terres ou d'alcalis ; d'ailleurs, comme la quantité d'hydrogène varie suivant le degré de chaleur auquel le charbon a été exposé, il est à peu près inutile de chercher à assigner sa proportion dans un cas particulier, quand surtout la plus grande quantité que contient le charbon est si peu de chose.

On peut démontrer, par un autre procédé, la nature des différences chimiques qui existent entre le diamant et les autres substances carbonacées; savoir, en les chauffant dans le chlore. Lorsque du charbon bien brûlé, ou la plombagine du Cumberland, est fortement chauffé dans le chlore, on aperçoit aussitôt des fumées blanches d'acide hydro-chlorique produit par l'hydrogène, lequel acide précipite la vapeur aqueuse contenue dans le chlore; mais le diamant ne donne point lieu à un phénomène semblable. Un petit diamant du poids de 0,029 gr. fut tenu dans le chlore dans un état de forte ignition, au moyen de la grande lentille du Muséum florentin, pendant plus d'une demi-heure; mais le gaz n'avait point changé de volume, et le diamant n'avait éprouvé aucune diminution de poids, et ne paraissait point altéré.

Le charbon, après avoir été chauffé fortement dans le chlore, conserve son pouvoir conducteur et sa couleur; et cette circonstance est bien en faveur de l'opinion, que la petite quantité d'hydrogène qu'il contient n'est point la cause de la grande différence que l'on remarque entre ses propriétés physiques et celles du diamant.

G.

OBSERVATIONS

Sur l'Oxidation de quelques métaux.

PAR M. GAY-LUSSAC.

L'on doit à M. Proust d'avoir, le premier, reconnu que les métaux se combinent avec l'oxigène dans des proportions invariables, très-peu nombreuses : ses recherches l'ont même conduit à penser qu'il n'existe au plus, pour chaque métal, que, deux oxides, qui, par leur mélange ou leur combinaison, produisent les autres oxides qu'on a cru appartenir au même métal; mais cette opinion ne peut être soutenue aujourd'hui. La théorie des proportions multiples, établie par M. Dalton, a jeté beaucoup de jour sur l'oxidation des métaux, et M. Berzelius l'a appuyée par un si grand nombre d'expériences, qu'il semble se l'être appropriée. Ce savant chimiste a déterminé les proportions d'un grand nombre d'oxides avec plus de précision qu'on ne l'avait fait avant lui; il a rejeté plusieurs de ceux qui étaient adoptés, et en a admis de nouveaux : il faut avouer cependant que ses recherches, quoique dirigées par une théorie qui peut être vraie, n'offrent point toujours le degré de certitude qu'on pourrait désirer. Il m'a semblé, au moins, que les divers degrés d'oxidation qu'il adopte pour le fer, le manganèse, l'étain et l'antimoine, peuvent donner lieu à des objections, et je crois qu'on est en droit d'en faire quand les faits allégués ne sont point de nature à entraîner la conviction.

Des Oxides de fer.

M. Berzelius n'admet que deux oxides de fer ; le premier contenant 29,5 d'oxigène, et le second 44,25, sur 100 de métal. (*Annal. de Ch.*, tom. LXXVIII, p. 228.) Cependant il me paraît hors de doute qu'il existe un troisième oxide de fer intermédiaire entre les deux précédens. Le nombre 37,8 que j'ai donné pour exprimer son degré d'oxidation (*Annal.*, tom. LXXX, p. 163) n'est peut-être pas très-exact, et je suis d'autant plus porté à le croire, qu'il n'est pas en rapport simple avec les deux autres degrés d'oxidation du fer ; mais j'ai dû le rapporter tel que mes expériences me l'ont fourni. De nouvelles expériences, faites par M. Despretz à ma prière, porteraient l'oxidation intermédiaire du fer à 38,0, au lieu de 37,8 ; et, pour démontrer que l'eau ne peut point oxider le fer au *maximum*, nous avons fait passer de la vapeur d'eau, pendant près de soixante heures, sur du fil de fer, à une température rouge, et l'oxide que nous avons obtenu n'avait acquis que 37,8 d'oxigène pour 100 de métal : il était d'un gris noir et fortement attirable à l'aimant (1). Ce résultat démontre évidemment l'existence d'un oxide intermédiaire, à moins qu'on ne veuille admettre qu'il est une combinaison des deux autres oxides, et que c'est leur

(1) Nous avons employé 8 grammes de fil de fer de clavecin, désigné dans le commerce par le n° 12. Ce fil de fer avait été roulé en forme de fuseau, et son tissu était très-lâche. Lorsqu'on a arrêté l'opération, il y avait plusieurs heures qu'il ne se dégageait plus d'hydrogène.

affinité réciproque qui s'oppose à une oxidation uniforme. Il est difficile d'admettre cette opinion, parce qu'elle n'est fondée ni sur aucune preuve directe, ni sur aucune analogie, et qu'elle cadre au plus avec la loi numérique que doivent suivre, suivant M. Berzelius, les oxides d'un même métal. La nature présente en abondance des oxides magnétiques qui ne peuvent être rangés ni parmi les oxides de fer au *minimum*, ni parmi ceux qui sont au *maximum*, et il ne serait pas indifférent de connaître leur véritable nature. L'opinion dont je viens de parler ne me paraît pas cependant improbable; je pense seulement qu'avant de l'admettre, il faudrait commencer par en donner des preuves non douteuses, et faire voir pourquoi un oxide intermédiaire serait tantôt un oxide distinct, tantôt une combinaison. Je sais, à la vérité, que lorsqu'on a dissous l'oxide de fer intermédiaire dans l'acide sulfurique, on peut le séparer en oxide au *minimum* et en oxide au *maximum*, soit par le moyen de l'alcool, soit par le moyen du carbonate de potasse; mais ces faits ne sont pas suffisans pour infirmer son existence. Les acides ont une affinité plus grande pour les métaux peu oxidés que pour ceux qui le sont beaucoup, et cette cause seule suffit pour que l'oxide intermédiaire de fer se partage en deux autres oxides, l'un et l'autre solubles dans les acides. Je ferai voir d'ailleurs que le manganèse, auquel M. Berzelius attribue cinq degrés d'oxidation, se comporte absolument de la même manière que le fer, et qu'il existe par conséquent trois métaux, le plomb, le fer et le manganèse, dont les oxides intermédiaires ont la propriété de se partager en d'autres oxides par l'action des acides. Mais, avant de quitter le fer, je dois faire connaître

un résultat très-singulier que présente son oxidation par l'eau, et la réduction de ses oxides par le gaz hydrogène.

On sait, depuis Priestley, que quoique le fer décompose l'eau, l'hydrogène réduit cependant complètement ses oxides. Les recherches d'Amédée Berthollet et d'Hassenfratz ne laissent aucun doute à cet égard; mais, pour expliquer ces deux faits aussi opposés l'un à l'autre, on a supposé que la réduction des oxides de fer par l'hydrogène n'avait lieu qu'à une haute température, et que l'eau n'était décomposée par le fer qu'à une température beaucoup plus basse; je dis qu'on a supposé, car je ne connais aucune expérience faite dans le dessein d'expliquer cette anomalie. Témoin plusieurs fois de la basse température à laquelle l'hydrogène réduit les oxides de fer, j'ai conçu des doutes sur la supposition dont je viens de parler, et j'ai cherché à les résoudre par l'expérience.

J'ai pris du fil de fer très-fin, et j'en ai formé un cylindre d'environ cinq centimètres de longueur, que j'ai placé dans un tube de porcelaine, à égale distance des parois du fourneau, qui avait trois décimètres de diamètre. J'ai pris cette précaution, afin que tout le fer fût sensiblement à la même température : à l'un des bouts du tube était adaptée une cornue remplie d'eau, et à l'autre un tube de verre recourbé plongeant dans un bain de ce liquide. Le feu a été gradué lentement, et porté jusqu'au rouge-blanc, au moyen d'un tuyau de tôle de un mètre de longueur, qui surmontait le fourneau. Le dégagement de l'hydrogène s'est manifesté avant la chaleur rouge, et il a été successivement en augmentant, à mesure que l'on élevait la température, jusqu'au dernier degré qu'il a été possible d'atteindre. Ce dégagement pro-

gressif de l'hydrogène est le plus sensible au commencement de l'opération, parce que l'eau a d'autant moins de prise sur le fer, que l'oxidation est plus avancée. D'après les circonstances de cette expérience, il me semble qu'on ne peut se refuser à admettre que l'eau est décomposée par le fer depuis le rouge obscur jusqu'au rouge blanc, et en proportion croissante avec la température.

Comme, entre ces limites de température, le gaz hydrogène réduit complètement les oxides de fer, il devenait certain que le fer décompose l'eau précisément au même degré de chaleur que ses oxides sont réduits par l'hydrogène; néanmoins, pour ne laisser aucun doute à cet égard, j'ai cherché à réduire complètement l'oxide de fer obtenu dans l'expérience précédente, et j'ai commencé par substituer à la cornue qui fournissait la vapeur, un flacon à trois tubulures, contenant du zinc et de l'eau. L'une des tubulures portait un tube de Welter à boule, pour verser l'acide dans le flacon; la seconde communiquait avec l'un des bouts du tube de porcelaine, au moyen d'un ajutage portant un robinet; et la troisième recevait un tube recourbé plongeant de un décimètre environ dans un bain d'eau, et par lequel le gaz hydrogène s'échappait dans l'atmosphère quand le robinet était fermé; le gaz traversait, au contraire, le tube de porcelaine quand le robinet était ouvert, parce que le tube de verre *A*, adapté à l'autre bout du tube de porcelaine, ne plongeait dans l'eau que de deux centimètres. L'appareil étant supposé refroidi, on a fait passer de l'hydrogène dans le tube de porcelaine pour en chasser l'air atmosphérique, et l'on a fermé le robinet; on a ensuite élevé graduellement la température, et l'on a remar-

qué que l'eau a commencé à s'élever dans le tube *A* avant le rouge obscur, et que par conséquent l'hydrogène était absorbé. On a ouvert un instant le robinet pour laisser passer l'hydrogène, et l'absorption a commencé de nouveau. La température a été ensuite portée graduellement jusqu'au plus haut degré que l'on avait atteint dans l'expérience précédente, et l'absoption de l'hydrogène est devenue vers la fin si rapide, qu'on était obligé d'ouvrir très-fréquemment le robinet; mais au bout de quelque temps elle s'est ralentie, parce que la surface de l'oxide étant réduite, l'hydrogène avait moins de prise sur l'oxide qu'elle recouvrait.

De ces deux expériences, je conclus que le fer décompose l'eau, et que ses oxides sont réduits par l'hydrogène entre les même limites de chaleur, et par conséquent à la même température.

Un pareil résultat a lieu de surprendre, et il doit dépendre de quelque circonstance inconnue. J'avais pensé que la décomposition de l'eau par le fer et la réduction des oxides de fer par l'hydrogène, pouvaient s'arrêter lorsque l'hydrogène et la vapeur d'eau étaient dans un certain rapport, parce que lorsqu'on fait passer de l'eau en vapeur sur du fer, il y en a ordinairement une portion qui échappe à la décomposition. J'avais aussi pensé qu'il pouvait se former quelque produit particulier lorsque l'hydrogène réduit les oxides de fer; mais l'expérience m'a montré que cette dernière opinion n'est point fondée, et que la première est plus probable; car, quoiqu'on ait fait passer très-lentement de la vapeur d'eau sur une grande surface de fer, il n'y en a pas eu la moitié de décomposée.

l'oxigène du peroxide de fer ne peut donc se faire au moment de la dissolution de l'oxide dans les acides, ou au moins il ne peut être rendu apparent; mais le carbonate de potasse qui précipite plutôt le peroxide que le protoxide, ou l'action inégale de l'alcool sur le sulfate au *minimum* et sur celui au *maximum*, suffisent pour l'opérer. Maintenant, comme M. Berzelius ne considère point les deutoxides de plomb et de manganèse comme des combinaisons des deux autres oxides, on ne peut, à ce qu'il me semble, s'empêcher de regarder l'oxide de fer obtenu par l'eau comme étant un oxide particulier.

Des Oxides d'étain.

Depuis les recherches de M. Proust, la plupart des chimistes n'admettaient que deux oxides d'étain; mais M. Berzelius en admet un troisième, intermédiaire entre les deux précédens, et ce nouvel oxide serait celui qui entre dans la composition de la liqueur fumante de Libavius, ou deuto-chlorure d'étain. Tous les chimistes s'empresseront de l'admettre, si son existence n'est point douteuse; mais les preuves qu'en donne M. Berzelius sont-elles assez convaincantes?

J'avoue que, malgré la déférence que j'ai pour les opinions d'un chimiste aussi plein de sagacité, je n'ai pu me rendre à l'évidence des caractères qu'il attribue à l'oxide qu'on peut retirer de la liqueur fumante de Libavius, et d'après lesquels il le distingue de celui fait par l'acide nitrique. (*Ann. de Chim.*, tom. LXXXVII, p. 50.) Il n'a point déterminé ses proportions, et il convient lui-même que « l'apparence extérieure tout-à-fait semblable de cet « oxide et de celui fait par l'acide nitrique; la facilité

« avec laquelle l'un passe à l'autre par la dessiccation
« ou la calcination, sans que ce changement se fasse con-
« naître distinctement par la couleur; la proportion par-
« faitement égale de tous deux avec les alcalis, rendirent
« d'abord l'examen de ces deux oxides très-difficile, et
« donnèrent lieu à plusieurs doutes sur la justesse de mes
« résultats. » Mais l'expérience suivante a dissipé ses
doutes :

« Une portion de *spiritus Libavii* fut mêlée et di-
« gérée avec de l'acide nitrique étendu; il s'en dégagea
« du gaz nitreux, un peu de gaz oxi-muriatique, et il se
« précipita de l'oxide d'étain blanc, qui, après une des-
« siccation complète, avait la même propriété que celui
« formé par l'acide nitrique.

« J'ai dissous ensuite de l'étain dans un mélange d'a-
« cide nitrique et d'acide muriatique : pendant l'évapo-
« ration, la liqueur laissa déposer une quantité de poudre
« blanche, qui se comporta de la même manière que la
« combinaison neutre de l'oxide jaune (le peroxide) avec
« l'acide nitrique; je la distillai dans une cornue pour
« séparer le *spiritus Libavii* du sel de l'oxide jaune;
« elle donna d'abord une eau acidule, ensuite du *spiritus*
« *Libavii*, qui devint de plus en plus concentré et con-
« tenait une grande quantité d'acide muriatique libre.
« Il se dégagea en même temps une quantité considé-
« rable de gaz oxi-muriatique. Enfin il resta dans la
« cornue, à une chaleur presque rouge, une masse gros-
« sièrement pulvérisée, blanche, point cristallisée, qui,
« exposée pendant quelques heures à cette température,
« ne parut pas changer, etc. »

Je ne suivrai pas plus loin M. Berzelius, et je vais

me contenter d'exposer deux faits qui peuvent expliquer tous les résultats qu'il a obtenus.

1°. Lorsqu'on fait bouillir du *spiritus Libavii* avec de l'acide nitrique, il se dégage du chlore et du gaz nitreux, et il se précipite de l'oxide d'étain. Il se dégage du chlore, parce que l'étain se combine avec l'oxigène; il se dégage du gaz nitreux, parce que c'est l'acide nitrique qui a fourni de l'oxigène au métal; enfin il se précipite de l'oxide, parce qu'il n'est pas soluble à chaud dans l'acide nitrique, et qu'il n'y a plus assez de chlore pour former une combinaison soluble avec le métal.

2°. On peut distiller le *spiritus Libavii* sans le décomposer, pourvu qu'il ne contienne point d'eau; mais s'il en contient, il arrivera que l'eau, en se volatilisant la première, entraînera de l'acide hydro-chlorique, et bientôt il se séparera de l'oxide : d'un côté on aura une combinaison avec excès d'acide, et de l'autre une combinaison avec excès d'oxide. J'ai distillé comparativement une dissolution de *spiritus Libavii* et une dissolution d'étain dans l'acide nitrique et l'acide hydro-chlorique, et elles se sont comportées à peu près de la même manière; avec cette différence seulement, que la dernière a donné du chlore et de l'acide nitreux, comme on pouvait s'y attendre.

Ces faits expliquent tous les résultats de M. Berzelius, et dès-lors l'existence d'un oxide intermédiaire n'est nullement démontrée. Je ferai remarquer encore que M. Berzélius a reconnu que l'oxide du *spiritus Libavii* se dissout dans l'acide nitrique *sans dégagement de gaz nitreux*, et qu'il ne donne à cet oxide d'autre caractère que de produire avec l'acide hydro-chlorique un sel

volatil qui ne se décompose pas à la chaleur de l'eau bouillante, et qui ne peut changer les dissolutions d'or : caractère qui convient aussi à l'oxide formé par l'acide nitrique. J'ajouterai enfin que le sulfate rouge de manganèse, qui est un réactif beaucoup plus sensible que la dissolution d'or, n'est décoloré ni par le *spiritus Libavii*, ni par la dissolution de l'étain dans l'acide nitrique et l'acide hydro-chlorique ; et que le chlore, en se dissolvant dans le *spiritus Libavii*, ne perd point la propriété de décolorer l'indigo. En conséquence, on ne doit admettre jusqu'à présent que deux oxides d'étain ; l'un, que l'on obtient en dissolvant l'étain dans l'acide hydro-chlorique, et l'autre en l'oxidant par l'acide nitrique.

M. Berzelius adopte, d'après ses expériences, les proportions suivantes pour ces deux oxides :

Protoxide. . .	Étain	100,0
	Oxigène	13,6
Peroxide. . .	Étain	100,0
	Oxigène	27,2

Je crois cependant avoir l'antériorité sur lui ; car j'ai donné précisément les mêmes nombres dans les Annales de Chimie, tome LXXX, page 169, novembre 1811 ; et ceux de M. Berzelius, autant que je sache, n'ont paru qu'à la fin de 1812, dans le VI[e] volume du Journal de M. Schweiger. Je ne puis cependant réclamer que la détermination du protoxide ; car celle du peroxide coïncide avec celle donnée très-antérieurement par M. Klaproth. Je ne fais ici cette observation que parce que M. Ber-

zelius a trop négligé de rappeler les chimistes qui, avant lui, avaient porté de l'exactitude dans un grand nombre d'analyses.

Aux deux oxides d'étain dont nous venons de parler répondent deux sulfures d'étain : le sulfure noir et le sulfure jaune ou l'or mussif. M. Berzelius considère avec raison ce dernier comme étant un véritable sulfure métallique et non un sulfure d'oxide ; et les nombreuses expériences de Pelletier, sur cet objet, ne comportent pas d'autre conclusion. En effet, Pelletier a obtenu de l'or mussif en chauffant ensemble parties égales de sulfure noir d'étain et de cinnabre ; et comme il est reconnu aujourd'hui que le cinnabre ne contient pas d'oxigène, il est évident que l'or mussif n'en doit pas contenir non plus. On obtient d'ailleurs ce composé, quoiqu'avec peu d'éclat, en faisant passer du soufre en vapeur sur du sulfure d'étain, et lorsqu'on distille de l'or mussif du commerce, il ne se dégage pas de gaz sulfureux, mais il se volatilise du soufre, de l'or mussif de la plus grande beauté, du per-chlorure d'étain ou *spiritus Libavii*, et il reste du sulfure noir. D'après les proportions des deux oxides d'étain, 13,6 d'oxigène pour l'un, et 27,2 pour l'autre, celles du sulfure noir seront de 27,2 de soufre, et celles du sulfure jaune de 54,4 pour 100 de métal.

La dissertation de M. Berzelius sur des oxides d'antimoine ne m'a pas paru non plus renfermer des preuves suffisantes pour admettre l'existence de quatre oxides ; je serais porté à croire, avec d'autres chimistes, qu'il n'en existe que deux ; mais je n'ai point encore d'expériences assez précises pour entreprendre une discussion à cet égard. J'observerai seulement ici que plusieurs des com-

binaisons auxquelles M. Berzelius a donné le nom d'*antimoniates* ou d'*antimonites* ne sont que des *mélanges*, et que c'est probablement la cause pour laquelle elles deviennent incandescentes à une certaine température, parce que ce n'est réellement qu'alors que la combinaison s'opère. Je pense aussi que l'incandescence qu'a observée M. Davy, en calcinant la zircone, est due à l'oxide de fer dont il est très-difficile de la débarrasser. (*Élém.*, t. Ier, p. 492.)

RELATION

De la chute d'une pierre météorique tombée dans les environs de Langres, communiquée à M. Virey *par* M. Pistollet, *médecin de la même ville.*

Votre amour pour les sciences naturelles, et le succès avec lequel vous les cultivez, m'engagent à vous faire part d'un phénomène météorologique qui vient d'avoir lieu dans la commune de Chassigny, village situé, comme vous le savez, au sud-est de Langres, dont il est éloigné de près de quatre lieues.

Le 3 octobre dernier, environ à huit heures et demie du matin, le temps étant clair et serein, le vent d'est soufflant très-légèrement, on entendit dans la commune de Chassigny et les villages environnans, à une distance de trois et quatre lieues, un bruit qui paraissait être dû à de nombreuses décharges de mousqueterie, entremêlées de gros coups de canon. Ce bruit, dont la direction

semblait venir du nord-est et provenir d'un nuage que l'on remarquait au-dessus de l'horizon, d'une forme indéterminée et de couleur grise, durait déjà depuis quelques minutes, lorsqu'un homme travaillant dans une vigne à quelque distance du village, et qui avait les yeux fixés sur ce nuage, entendant un sifflement semblable à celui d'un boulet, vit tomber à environ 400 mètres de lui un corps opaque dont s'échappa une épaisse fumée. Étant accouru, il vit un trou d'environ 0,27 m. de profondeur et de 0,50 m. ou 0,60 m. de diamètre, dans un terrain fraîchement cultivé, et tout autour, des fragmens d'une pierre qui lui parut d'une nature particulière. Ayant ramassé un de ces fragmens, il le trouva chaud comme s'il eût été exposé à un fort soleil; il le rapporta au village, où bientôt, ce fait s'étant répandu, d'autres habitans allèrent ramasser de ces pierres. Arrivé dans ce village le surlendemain, et m'étant fait représenter une de ces pierres, j'eus bientôt reconnu un aérolithe, ayant une pierre semblable qui m'a été envoyée d'Allemagne, qui n'en diffère que par un grain plus fin et une texture plus compacte. M'étant fait accompagner sur le lieu de la chute par le paysan qui en avait été témoin, je recueillis tous les renseignemens décrits ci-dessus, et je trouvai encore environ une soixantaine de petits fragmens, dont quelques-uns, recouverts par la terre et pénétrés d'humidité, s'écrasaient très-facilement entre les doigts. Le globe de feu qui accompagne d'ordinaire la chute des aérolithes ne fut point aperçu ici. On ne vit point de vapeurs s'échapper du nuage lors des différentes détonnations; sa hauteur ni sa forme ne purent être appréciées et décrites, parce

qu'il paraît qu'il ne présenta rien de remarquable que la couleur, que différentes personnes qui l'avaient aperçue comparaient au gris foncé de la fumée de paille : ce qu'il y a de certain, c'est que le bruit cessa après la chute de ces pierres. Si l'on en croit différens rapports, il paraîtrait qu'au même moment d'autres pierres furent lancées dans différentes directions; mais n'ayant point été retrouvées, ce fait n'a pu être suffisamment constaté : seulement un morceau assez considérable a été retrouvé sept à huit jours après dans une vigne distante d'environ 160 mètres du lieu où tombèrent les autres. Ayant pesé tous les morceaux qui ont été ramassés, ce poids total est de près de 4 kilog. Je ne doute point que tous ces fragmens n'aient appartenu à la même pierre; je suis même fort tenté de croire que ce que nous avons rassemblé n'était qu'un fragment d'une pierre encore plus considérable qui aura éclaté en l'air. J'en possède un morceau, pesant près de 1 kilog., qui n'est que la moitié d'un angle, d'après lequel on peut supposer la pierre d'un poids d'au moins 8 kilog. Sa pesanteur spécifique très-considérable, ainsi que cela se remarque dans toutes ces pierres, n'est cependant pas la même dans chaque fragment, dont quelques-uns semblent offrir plus de densité. On remarque aussi des différences dans la coloration de la croûte qui recouvre ces différens morceaux : d'un noir très-foncé sur les uns, elle n'est sur les autres que d'un brun marron; et en général, moins la couleur est noire, plus cette croûte est unie et luisante, et *vice versâ*, au point que dans les croûtes les plus noires on remarque des élévations ou soufflures, qui ont l'air d'être le produit d'une ébullition subitement interrompue.

J'oubliais de vous dire que quelques personnes, tant du village de Chassigny que des lieux circonvoisins, qui étaient assises à terre dans des lieux isolés, ont cru ressentir une secousse de tremblement de terre pendant les détonnations; mais le paysan témoin de la chute n'a rien éprouvé de semblable. Je dois vous dire aussi qu'au fond du trou creusé par la chute de la pierre se trouvait un morceau de lave du pays, ce qui pourrait faire croire que l'aérolithe ne s'est brisé que par la rencontre d'un corps dur; mais ce qui pourrait faire croire le contraire, c'est qu'il n'était point resté d'aérolithe dans ce trou; qu'au contraire, tous les fragmens étaient dispersés tout autour à 8 ou 10 décimètres de rayon, et en si petits morceaux, que cela paraissait plutôt le produit d'une explosion que d'une brisure occasionée par la chute; enfin plusieurs petits morceaux étaient incrustés assez profondément dans la terre, dans le pourtour du trou. D'ailleurs, cette fumée aperçue au moment de la chute dénote bien aussi quelque chose de plus qu'une simple fracture : seulement on est étonné qu'une explosion n'ait pas lancé plus au loin les fragmens; car celui qui a été trouvé quelques jours après, à plus de 160 mètres de là, ne peut pas y avoir été lancé depuis la chute et par explosion, mais me semble plutôt y être tombé en même temps que celui qui s'est séparé en autant de parties.

Analyse de l'aérolithe tombé aux environs de Langres, et envoyé à l'Institut par M. Pistollet;

PAR M. VAUQUELIN.

Caractères physiques.

1°. Couleur : extérieurement brune, gris de perle à l'intérieur.

2°. Contexture : grenue, étonnée et brisée dans tous les sens.

3°. Solidité : très-légère, s'égrenant avec la plus grande facilité.

4°. Aspect : luisant et comme vernissé.

5°. Son : point de son, quoiqu'elle paraisse avoir été frittée. Elle n'a point la sécheresse, l'aridité, l'aigreur ni le cri du verre qu'on écrase ; elle paraît, au contraire, molle, douce sous le pilon, qui la divise facilement et sans bruit.

6°. Elle n'a point d'action sur l'aiguille aimantée ; cependant la croûte dont elle est recouverte fait légèrement mouvoir cet instrument : cela annonce qu'elle contient le fer à l'état d'oxide.

7°. Elle forme gelée avec les acides, d'où il faut conclure que la silice y est combinée à quelque principe.

Analyse.

Sans entrer dans de grands détails sur les moyens employés pour analyser cet aérolithe, je pense cependant qu'il ne sera pas inutile d'exposer rapidement la marche que j'ai suivie.

J'ai soumis 10 grammes de l'aérolithe réduit en poudre

fine à l'action de l'acide sulfurique étendu d'eau. La décomposition a eu lieu sans mouvement et sans effervescence ; les seuls phénomènes qu'on observe sont un développement de chaleur et une diminution de volume dans la substance soumise à l'expérience.

Cependant toute la masse ne disparaît point ; il reste une matière grise que l'acide sulfurique, même aidé de la chaleur, ne peut dissoudre : elle forme à peu près le 10[e] de l'aérolithe.

L'acide sulfurique n'acquiert pas sensiblement de couleur dans cette opération ; dans l'état d'extension où il a été employé, il était presque aussi blanc que l'eau.

L'on peut déjà remarquer, entre cet aérolithe et ceux qui ont été examinés jusqu'à présent, des différences assez intéressantes relativement aux phénomes qu'ils manifestent pendant leur dissolution.

Tous les aérolithes, en se dissolvant dans l'acide sulfurique ou muriatique faible, ont dégagé du gaz hydrogène en partie sulfuré, et ont en général fourni une dissolution d'une couleur verte plus intense que celle de la dissolution de fer, et d'un autre ton que la sienne : celui dont il s'agit n'offre rien de pareil. Cela prouve que l'aérolithe ne contient point de fer à l'état métallique, ce que l'aiguille aimantée avait déjà annoncé, et qu'il ne s'y trouve point de nickel qui, comme on sait, colore ses dissolutions en vert, et est lui-même attirable à l'aimant.

La dissolution étant opérée, on a décanté la liqueur, lavé le résidu et fait évaporer jusqu'à siccité. Sur la fin de l'opération, il s'est formé une gelée transparente produite par la séparation de la silice, laquelle, étant lavée et séchée, pesait trois grammes et un centième.

La liqueur qui devait contenir la magnésie et le fer a été de nouveau évaporée à siccité, et le résidu calciné au rouge pendant au moins une demi-heure. La matière, qui avait pris une couleur rouge, a été mise avec de l'eau pour dissoudre le sulfate de magnésie : on a filtré pour recueillir l'oxide rouge de fer.

Il a fallu évaporer et calciner jusqu'à trois fois le sulfate de magnésie pour en séparer entièrement le sulfate de fer.

Les différentes quantités d'oxide de fer obtenues dans ces opérations ayant été réunies et séchées, pesaient 3 grammes et 10 centièmes : cet oxide avait une couleur rouge très-vive.

Le sulfate de magnésie, purifié et calciné, pesait 8 grammes 7 dixièmes, dans lesquels il y a environ 3 grammes 2 dixièmes de magnésie. Ce sel était alors assez blanc, très-soluble dans l'eau, et ayant la saveur amère qui appartient au sulfate de magnésie naturel : enfin il paraissait pur. Cependant, pour m'assurer s'il ne contenait pas de nickel ou quelqu'autre métal, j'y ai mis de l'hydrosulfure de potasse qui n'y a apporté qu'un très-léger changement de couleur, que j'attribue à quelques traces de manganèse plutôt qu'à du nickel; au surplus, il y en avait si peu qu'il n'aurait pas été sensible à la balance.

L'acide sulfurique, en agissant sur la pierre du ciel, n'avait donc dissous que de la magnésie, de la silice et du fer.

Examen du résidu insoluble dans l'acide sulfurique.

Il était intéressant de rechercher la nature de la portion de la pierre météorique qui a refusé de se dissoudre dans

l'acide sulfurique; elle devait nécessairement être d'une nature différente de celle qui avait été dissoute.

Ce résidu, examiné à la loupe, paraît être composé de deux substances différentes, l'une en particules blanches et brillantes, l'autre noire, et donnant au mélange des deux une couleur d'un gris d'ardoise.

Les acides n'ayant point d'action sur ce résidu, je l'ai traité avec deux fois son poids de potasse à une chaleur rouge. La matière, fondue et refroidie, avait une couleur jaune-verdâtre : délayée dans l'eau, elle a communiqué à celle-ci une belle couleur jaune qui ne laissait aucun doute sur la présence du chrôme. Après avoir lavé cette matière jusqu'à ce qu'elle ne fournît plus de couleur à l'eau, j'ai saturé la liqueur par l'acide nitrique, et j'ai évaporé à siccité. En traitant de nouveau ce résidu par l'eau, le nitrate de potasse et l'acide chromique se sont dissous, et il est resté de la silice que j'ai mise à part pour la réunir à celle que nous avions obtenue précédemment, et à celle dont nous avons à parler encore.

Le nitrate de mercure, mis dans la liqueur jaune ci-dessus, a, en effet, produit un précipité d'un beau rouge orangé, dont la quantité était de 0,2 gr.

La portion du résidu traité par la potasse, et qui ne fut point dissous dans l'eau, a été traitée par l'acide nitrique, qui en a dissous la plus grande quantité : celle qu'il a laissée avait une couleur grise très-foncée ; la dissolution nitrique évaporée à siccité avec ménagement, et le résidu repris avec de l'eau aiguisée d'acide nitrique, a laissé une poudre blanche qui était encore de la silice, laquelle, jointe à la première, pesait 0,38 gr.

La dissolution nitrique, examinée avec soin, ne m'a offert que du fer, pas un atôme de nickel.

La portion du résidu qui avait résisté à l'acide et à l'alcali, et qui avait une couleur grise foncée, pesait un décigramme, et paraît être du chrôme métallique pur, ou peut-être allié avec du fer : cependant il n'était pas attirable à l'aimant. Ce qu'il y a de certain, c'est que, fondu avec du borax, il lui communiquait une belle couleur verte, semblable à celle que donne le chrôme ordinaire.

Il résulte des expériences rapportées plus haut, que la pierre météorique tombée aux environs de Langres est formée sur 10 grammes de

	gr.
Silice	3,39
De fer oxidé	3,10
De magnésie	3,20
Chrôme métallique	20
	9,89

Ou sur 100 parties de

	gr.
Silice	33,90
De fer oxidé	31,00
De magnésie	32,00
Chrôme	2,00
	98,90

Remarques.

Nous remarquons ici, 1° que la pierre de Langres ne contient ni soufre ni nickel, et que le fer y est en-

tièrement oxidé, tandis que tous les autres aérolithes renferment ces deux substances, et que le fer s'y est toujours montré à l'état métallique, au moins pour la plus grande partie. 2°. Qu'une partie de silice contenue dans la pierre n'y est qu'à l'état de mélange, sous la forme sableuse, et qu'une autre portion plus abondante que la première est entièrement combinée avec la magnésie, et probablement avec le fer, puisqu'elle se dissout en même temps que ces deux corps dans l'acide sulfurique. 3°. Qu'il y a dans notre pierre deux fois autant de magnésie que dans celles dont on a fait l'analyse jusqu'à présent; c'est peut-être à cause de cela qu'elle présente plus de douceur dans ses parties. 4°. Enfin, que le chrôme s'y trouve à l'état métallique, ce qui annonce qu'il aura résisté à l'action oxidante qui a brûlé le fer : la quantité de ce métal est aussi plus considérable que d'ordinaire.

Il est probable que si le soufre a existé primitivement dans cette pierre, il en aura été dissipé au moment où le fer a été brûlé par une force quelconque.

L'absence du nickel est d'autant plus remarquable dans la pierre de Langrès, que ce métal s'est, je crois, constamment montré dans toutes les autres.

Sur la hauteur relative des Niveaux de la mer Noire et de la mer Caspienne.

(Extrait d'un Voyage en Crimée et au Caucase [*Reise in die Krym and den Kaukasus*]. Berlin, 1815, 2 vol.).

PAR MM. MAURICE D'ENGELHARDT ET FRANÇ. PARROT.

Un des objets principaux du voyage de MM. d'Engelhardt et Parrot au Caucase et en Crimée, était de déterminer, par un nivellement barométrique, l'élévation relative de la mer Noire et de la mer Caspienne, et de mesurer la hauteur des points les plus remarquables de la chaîne du Caucase. L'ouvrage dans lequel ils ont présenté les fruits de leurs recherches a paru à Berlin en 1815; mais comme il est écrit en allemand, et que d'ailleurs peu d'exemplaires sont jusqu'à présent parvenus en France, nous avons pensé que nos lecteurs nous sauraient quelque gré de leur faire connaître le singulier résultat que ces deux savans ont obtenu. La partie de l'ouvrage qui est relative à la géographie des plantes et aux nivellemens barométriques, est rédigée par M. Parrot de Dorpadt; les mesures correspondantes sont des deux voyageurs.

Le nivellement entre les deux mers a été exécuté deux fois; savoir, premièrement, en allant de la mer Noire à la mer Caspienne; et deuxièmement, en revenant de la mer Caspienne au point de départ. Les voyageurs ont tenté, de plus, de faire des observations correspondantes au niveau des deux mers; mais ce moyen de vérification n'a réussi qu'imparfaitement.

La distance nivelée depuis l'embouchure du Kuban, dans la mer Noire, jusqu'à l'embouchure du Terek, sur les bords de la mer Caspienne, en suivant les sinuosités de la route de poste que les deux voyageurs ont parcourue, est de 990 werstes (1). En ligne droite, cette distance serait seulement de 813 werstes, correspondant à 9° ½ environ de différence de longitude : les deux points extrêmes sont presque sous le même parallèle.

Toutes les parties de cette vaste opération sont rapportées avec beaucoup de détail, et paraissent mériter une grande confiance. On s'est servi de baromètres à cuvette ; mais la correction du niveau se faisait par le calcul, ce qui est très-facile, connaissant le diamètre intérieur du tube, $\overset{\text{mil.}}{4,5}$, et celui de la cuvette $\overset{\text{mil.}}{39}$. Un thermomètre enchâssé dans la monture de l'instrument donnait la température du mercure ; un thermomètre libre faisait connaître la température de l'air au moment de l'observation ; les échelles avaient été rectifiées d'après la mesure connue des astronomes sous le nom de *toise du Pérou* ; un support particulier, armé d'un fil à plomb, permettait de placer les tubes dans une position bien verticale ; un anémomètre donnait la direction et la force du vent, et par suite la mesure du degré de confiance que chaque nivellement partiel semblait devoir mériter. Les indications du baromètre sont toujours exprimées en centièmes de ligne; on avait pris de grandes précautions pour

(1) 104,3 werstes font 1° du méridien : les 990 werstes équivalent donc à environ 237 lieues, de 25 au degré.

comparer les instrumens soit avant, soit après, soit enfin pendant l'opération : pour éviter les erreurs qui auraient pu tenir à des dérangemens de ce genre, les observateurs se réunissaient tous les deux jours. On restait assez long-temps dans chaque station pour y prendre 4 hauteurs barométriques distinctes, et à des intervalles de 15′ au moins : les époques de ces observations se correspondaient toujours parfaitement. Toutes les heures de la journée ne sont pas également favorables dans ce genre de mesures ; mais il n'a pas dépendu des voyageurs de choisir l'heure de midi, qui généralement est celle qui réussit le mieux. Les observations cependant ont été constamment faites de jour, entre six heures du matin et huit heures du soir.

On devine facilement, d'après toutes ces précautions, que M. Parrot a dû calculer avec soin son opération : aussi s'est-il servi de la formule de M. de Laplace et du coëfficient 18393 mètres que M. Ramond avait trouvé dans les Pyrénées, presque sous le même parallèle que le Caucase ; il a eu égard à la dépression capillaire du mercure. La seule correction dont il n'ait pas tenu compte, est celle de la diminution de la pesanteur ; encore est-ce moins pour s'éviter des calculs que pour se conformer à quelques idées de M. Parrot père, qui a cru reconnaître qu'il y a erreur dans la manière dont on applique cette correction, en ce qu'on néglige l'attraction qu'exerce sur le mercure la montagne sur laquelle le baromètre est placé : quoi qu'il en soit, dans le cas du nivellement qui nous occupe, ces corrections étaient tout-à-fait insensibles.

Le nombre de stations comprises entre l'embouchure du Kuban et celle du Terek est de 51 ; elles étaient donc

éloignées l'une de l'autre, terme moyen, de 18 werstes (un peu moins de 5 lieues, de 25 au degré). Le premier nivellement commença le 13 juillet, en partant de l'île de Taman (1), et marchant vers l'est en remontant le Kuban jusqu'à Batal-Paschinsk, près de Constantinogorks, où se trouvait déjà la 29e station. Les voyageurs partirent de ce point pour faire dans le Caucase des excursions qui durèrent depuis le 17 août jusqu'au 3 octobre, et pendant lesquelles ils mesurèrent le *Kasbeck*, pic qui a la hau-

---

(1) L'île de Taman est remarquable par ses sources d'asphalte et ses volcans boueux, qui ont été en partie décrits par Pallas dans ses voyages de 1793 et 1794. MM. Parrot et d'Engelhardt ont visité les petits volcans situés entre la ville de Taman et le lac Sucur. Sur la pente d'une colline, ils découvrirent deux bassins de 16 mètres d'ouverture, de 2,5 m. de profondeur, et qui étaient remplis d'une masse boueuse formée d'argile et d'eau. De temps à autre on voyait s'élever au centre de chaque cratère une bulle d'air qui avait environ 0,32 m. (1 pied) de diamètre : aussitôt qu'elle crevait, un grand nombre de petites bulles semblables venaient la remplacer. Ce phénomène se reproduisait toutes les 30 ou 40 secondes. La température de l'eau différait peu de celle de l'air : l'eau étant à 29°, 4 centigrades, le thermomètre au soleil marquait 29°,9 et à l'ombre 26°,9. Les voyageurs manquaient de moyens exacts pour examiner la nature de l'air dégagé par le cratère : ils reconnurent simplement qu'il ne *s'enflamme pas*, et qu'il *n'entretient point la combustion*. L'eau, jaunâtre, avait un goût faiblement salé : on trouvait dans le fond des fragmens de calcaire bitumineux, de sélénite et de grès quarzeux. Il paraît que ces petits bassins éprouvèrent

teur du Mont-Blanc. Ils reprirent le nivellement le 4 octobre, et le continuèrent en suivant le Terek jusqu'au Delta qu'il forme en se jetant dans la mer Caspienne. Le point culminant dans cette opération n'a que 594 mètres d'élévation au-dessus de Taman. Dans le voisinage de Mosdock, l'une des stations, et à 250 werstes de la mer Caspienne, la plaine était déjà au niveau de la mer Noire.

Cette première mesure fut faite sous des circonstances

---

des changemens considérables lors de la grande éruption qui eut lieu en 1794 dans la partie septentrionale de l'anse de Taman. En 1807, près du Kurgan, les Cosaques entendirent un bruit souterrain, semblable à une décharge d'artillerie. La montagne était enveloppée d'une fumée épaisse; mais bientôt on vit sortir *lentement*, du sein de la terre entr'ouverte, une nouvelle colline, grande comme une maison. De grosses masses de pierres calcaires étaient projetées çà et là; mais on n'aperçut aucune flamme. Dans le voisinage, près de Bugas, on trouve des fontaines d'asphalte ou de goudron minéral liquide, qui sortent de couches secondaires de grès et de calcaire schisteux.

Ces phénomènes de volcans boueux rappellent celui de Cumacatar, sur la côte de Paria; les plaines argileuses et imprégnées de *chapapote* (asphalte et pétrole) de l'île de la Trinité; les volcans boueux de Girgenti en Sicile, célèbres déjà parmi les anciens; et surtout les volcans d'air de Turbaco, près de Carthagène des Indes (Voy. *Vues des Cordilières*), et qui dégagent, suivant l'observation de M. de Humboldt, du gaz azote plus pur que celui qu'on obtient communément dans les laboratoires de chimie.

très-favorables, et a donné, pour la différence de
veau, 105 mètres dont la mer Caspienne est *plus ba*
que la mer Noire.

Frappés de la singularité de ce résultat, MM. Parrot
Engelhardt recommencèrent l'opération le 10 octobr
mais en marchant cette fois de l'est à l'ouest, et suivan
les mêmes stations, sans toutefois se détourner vers
Caucase. Le 14 octobre, ils avaient déjà atteint l'embou-
chure du Kuban. Le temps, pendant cette seconde me-
sure, fut beaucoup moins favorable, le baromètre et le
thermomètre plus inconstans, les changemens plus brusques, les vents plus variables et de forces plus inégales. Il tomba de la neige à plusieurs reprises : le ciel était généralement brumeux, froid et pluvieux ; circonstances qui ordinairement rendent les hauteurs trop petites (Voyez Ramond, *Mémoires*, p. 148); or il est remarquable que ce soit en effet dans ce sens que pèche la deuxième détermination ; car elle donne 92 mètres pour l'élévation du niveau de la mer Noire sur celui de la mer Caspienne.

Après avoir ainsi deux fois traversé la Steppe, M. Parrot eut la patience de faire un troisième voyage. Il partit de Taman le 24 novembre, et devait arriver à l'embouchure du Terek le 10 décembre. Le manque de chevaux de poste apporta tant de retards dans sa marche, qu'il n'atteignit le bord de la mer Caspienne que le 20 décembre à 11 heures 15 min. du matin. M. Engelhardt avait terminé la veille ses observations sur la mer Noire ; ainsi cette opération ne présente point des observations correspondantes, et peut seulement servir de vérification. En combinant l'observation de Taman, du 19, à 11 heures 15 min. du matin, avec l'observation faite le lendemain à pareille heure sur la

mer Caspienne, on trouve 99 mètres pour la différence de niveau. Une autre observation faite à Taman, dans l'après-midi du 19 décembre, donnerait 102 mètres. En comparant l'observation de M. Parrot, du 20, avec la moyenne de toutes les observations du 19 sur la mer Noire, on obtiendrait presque la même différence. Il n'est enfin aucune observation barométrique, de 11 heures 15 minutes du matin, faite à Taman depuis le 11 jusqu'au 19 décembre, qui, combinée avec l'unique observation de M. Parrot du 20 décembre, m'indique une différence sensible de niveau entre les deux mers : la plus petite de ces déterminations ne serait pas moindre que 41 mètres.

Après avoir constaté cette grande différence de niveau, nos voyageurs ont dû se demander si elle avait toujours existé : or, Pallas a cru reconnaître, par la forme du terrain et les coquilles de la mer Caspienne répandues dans la Steppe, l'ancien rivage de cette mer. Les opérations de MM. Parrot et Engelhardt placent ce rivage, qui a un développement immense et dans lequel on retrouve des golfes et des anses bien prononcés, à 234 mètres au-dessus du niveau actuel ; il faudrait donc admettre qu'il s'est perdu une masse d'eau d'environ 30,000 lieues marines carrées de surface, et d'une centaine de mètres de profondeur. M. Parrot ne croit pas que ce soit par l'évaporation, car, d'après Gmelin, les eaux de la mer Caspienne sont si peu salées qu'elles ne renferment pas le *quart* du muriate de soude qu'on retrouve dans celle de l'Océan Atlantique ; il imagine plutôt que cette eau s'est écoulée par des fentes qui s'ouvrent et se ferment successivement, le fond de la mer étant crevassé par l'action volcanique dont

on voit encore les effets dans l'île de Taman sur le Bosphore, et à Baku sur la mer Caspienne. Les énormes différences qu'on trouve dans les sondes observées depuis 1556 et les temps de Pierre-le-Grand jusqu'à nos jours, donnent quelque probabilité à cette opinion (1).

Rapprochons maintenant ces résultats des opérations du même genre qui ont été faites à différentes époques pour comparer la mer Rouge à la Méditerranée, la Méditerranée à l'Océan Atlantique, et cet Océan à la mer du Sud.

---

(1) En prenant la moyenne entre les résultats des deux mesures nous trouverons 98,5 m. (près de 200 pieds), pour la quantité dont le niveau de la mer Noire est plus élevé que celui de la mer Caspienne. Il résulte de là que Astracan, les plaines circonvoisines et un très-grand nombre d'autres lieux habités, soit en Perse, soit en Russie, sont beaucoup inférieurs au niveau de la mer Noire et de la Méditerranée; la singularité de ce résultat justifiera les détails dans lesquels nous sommes entrés. Du reste, avant le voyage de MM. Parrot et Engelhardt, on avait déjà soupçonné que les deux mers n'avaient pas un même niveau. Voyez Mayer, *Expos. de Transitu Veneris*, p. 316. — Inochodzow, *in Act. Acad. Petrop.*, tome XII, p. 506. — Pallas, *Reisen*, t. III, p. 57. — Busching, *Woch. Nachrichten*, 1780. — *Natural Philosophy by* Thomas Young, 1807, tome II, p. 367. Il est fâcheux que l'auteur anglais ait négligé d'indiquer la source où il a puisé le nombre qu'il rapporte, car il coïncide presque parfaitement avec celui que M. Parrot a déduit de sa mesure. Les hauteurs barométriques de Kamychin donnent le Wolga, par les 50° 5' de latitude, de 54,5 m. *au-dessous* du niveau de Pétersbourg.

Pendant l'expédition des Français en Egypte, une commission d'ingénieurs des ponts et chaussées fut chargée, sous la direction de M. Le Père, d'exécuter le nivellement de l'isthme de Suez, et par là fut résolue la célèbre question agitée dès la plus haute antiquité, de l'élévation de la mer Rouge au-dessus de la Méditerranée et du sol de la Basse-Egypte. Il résulte, en effet, des travaux de la commission que le niveau de la mer Méditerranée est inférieur de $8^{m},12$ aux basses mers et de $9^{m},9$ aux hautes mers de la mer Rouge. Une partie du bassin des lacs amers est remarquable par son abaissement de 8 mètres au-dessous du niveau de la Méditerranée, ce qui la place par conséquent 16 mètres plus bas que la mer Rouge; d'autres points du sol et même des lieux habités sont inférieurs aux niveaux de l'une et de l'autre mers. Les eaux de la mer Rouge, par exemple, pourraient couvrir la totalité de la surface du Delta, et les craintes d'une submersion étaient, comme on voit, assez naturelles à des époques reculées, lorsque cette partie de l'Egypte était moins élevée qu'elle ne l'est aujourd'hui.

A défaut d'observations exactement correspondantes pour évaluer la différence d'élévations de deux stations très-éloignées, les physiciens se sont quelquefois servis de la comparaison des *moyennes* barométriques ; ce procédé, qu'on regardait comme un pis-aller, est susceptible de beaucoup de précision, comme M. Ramond l'a montré, si on s'arrête aux moyennes des mêmes heures afin d'éviter les effets des variations périodiques. Pour déterminer les hauteurs relatives des niveaux de la mer du Sud et de l'Océan Atlantique, il doit donc suffire de comparer les hauteurs moyennes du baromètre sur les deux

côtes opposées de l'Amérique. Le journal de M. de Humboldt nous fournira pour cela les données nécessaires.

En effet on y trouve d'abord, qu'à Carthagène et à Cumana, dans le golfe du Mexique, la moyenne du baromètre $= 0^{\mathrm{m}},7620$ par une température de 25° centigrades. Au port de la Vera-Cruz, le thermomètre étant à 20°, cette hauteur $= 0^{\mathrm{m}},7613$; mais, corrigée de la dilatation du mercure, elle devient, comme à Cumana, $0^{\mathrm{m}},7620$. A zéro de température et au niveau de l'Océan Atlantique, entre les tropiques, la hauteur moyenne du baromètre est par conséquent $= 0^{\mathrm{m}},7585$.

Sur les bords de la mer du Sud, au Callao, port de Lima, M. de Humboldt trouva baromètre $= 0^{\mathrm{m}},7606$, thermomètre 20°; et à Acapulco, toujours sur l'Océan Pacifique, baromètre $= 0^{\mathrm{m}},7617$, thermomètre 27° centigrades. Ces hauteurs ramenées à zéro de température donnent, pour la pression moyenne de l'air au niveau de la mer du Sud, $0^{\mathrm{m}},7578$. Si la légère différence qu'on remarque entre ce nombre et celui qui représente la pression moyenne au niveau de l'Océan Atlantique ne pouvait pas être attribuée aux erreurs inévitables dans des observations aussi délicates, il en résulterait que la mer du Sud serait plus élevée que l'Océan d'environ 7 mètres. D'autres observations de M. de Humboldt, qui n'ont pas encore été publiées, donneraient une différence un peu plus grande et dans le même sens ; mais ce célèbre voyageur, qui ne s'est servi de ses baromètres que pour un nivellement géologique, pense que, pour lever complètement les

doutes que peut présenter encore la question de l'élévation relative des deux Océans, il faudrait avoir recours à des instrumens plus précis et exposés à des voyages de terre moins longs; tenir compte à la fois des inégales hauteurs des marées, des heures différentes des établissemens des ports sur les deux côtes opposées de l'Amérique, et des variations horaires du baromètre qui, très-régulières quant aux heures où elles arrivent, ne le sont pas tout-à-fait autant qu'on l'a supposé quant aux quantités qui les mesurent. Quoi qu'il en soit, les observations que nous venons de rapporter prouvent déjà que, s'il existe une différence de niveau entre l'Océan et la mer Pacifique, elle doit être très-petite.

Le peu de vitesse et de constance que les marins ont remarqué dans les courans du détroit de Gibraltar, montre que, dans ces parages, la Méditerranée et l'Océan ont à peu près le même niveau. Il pouvait cependant paraître curieux de comparer, sous ce point de vue, deux points très-éloignés, puisque, contre toute attente, le nivellement de l'isthme de Suez, dont nous avons ci-dessus présenté les résultats, a prouvé que deux mers qui communiquent entre elles peuvent cependant avoir des niveaux très-différens. Or, la mesure de la méridienne de France présente un enchaînement non interrompu de triangles qui s'étendent depuis Dunkerque jusqu'à Barcelone; les élévations relatives des divers sommets peuvent se déduire des observations réciproques de distances au zénith; la hauteur absolue d'une seule station servira donc à trouver la hauteur absolue de toutes les autres, et cela, soit qu'on parte de la Méditerranée pour se rapprocher de l'Océan, soit qu'on suive la marche contraire. C'est

d'après cette méthode que M. Delambre a calculé l'élévation de Rodès sur la Méditerranée et sur l'Océan ; premièrement en partant du Mont-Joui, à Barcelone, dont Méchain avait trouvé directement la hauteur; et secondement à l'aide d'un signal de Dunkerque, qui n'était qu'à 66 mètres du niveau de la basse mer : ces deux déterminations s'accordant à une fraction de mètre, on peut en conclure, sinon que le niveau de l'Océan à Dunkerque est *exactement* le même que le niveau de la Méditerranée à Barcelone, du moins que l'inégalité de hauteur, si elle existe, doit être insensible.

MÉMOIRE

Sur la détermination des Quantités de plomb nécessaires pour passer à la coupelle les Essais d'argent à différens titres.

PAR M. D'ARCET.

L'ART d'essayer l'argent est fondé sur le peu d'affinité qui existe à une haute température entre l'oxigène et ce métal, et sur la propriété qu'a le phosphate de chaux, réduit en coupelles, de se laisser pénétrer par des oxides métalliques tenus en dissolution au 10e ou 12e degré du pyromètre de Wedgwood dans les oxides de plomb ou de bismuth mis en fusion.

Ces derniers oxides, élevés à cette température, dissolvent et entraînent le cuivre oxidé, en ne laissant que l'argent fin sur le bassin de la coupelle.

Le plomb (1) que l'on ajoute à l'argent que l'on veut essayer ne sert donc qu'à détruire l'adhésion des molécules métalliques, à favoriser leur oxidation, et à dissoudre l'alliage oxidé; d'où il semblerait que l'on peut déduire ce principe général, que les quantités de plomb à employer pour passer les essais d'argent, doivent croître dans la même raison que les quantités d'alliage, et que les deux premiers termes de la progression étant bien connus, il devrait suffire d'intercaler entre eux un certain nombre de moyens arithmétiques pour connaître les quantités de plomb nécessaires pour l'affinage de l'argent à différens titres. Mais il n'en est pas ainsi, et l'expérience prouve que les quantités de plomb ne doivent pas augmenter dans une raison constante avec l'alliage qui se trouve dans l'argent dont il s'agit de faire l'essai; il existe même dans l'espace qui sépare les extrêmes des anomalies si fortes, que la pratique seule et un long tâtonnement peuvent indiquer les différens termes de cette progression. Je me bornerai ici à examiner les tables des quantités de plomb qui ont été publiées jusqu'à présent, à en démontrer le peu d'exactitude et à donner le résultat des expériences qui ont servi à former la table qui fait le sujet de ce Mémoire.

En 1760 on n'employait encore que deux doses de plomb, 8 parties pour l'argent au-dessus de 0,500, et 16

---

(1) Il est bien démontré que le plomb et le bismuth peuvent tous deux opérer la coupellation; mais l'expérience prouve que l'emploi du plomb présente moins d'inconvénient, et nous détermine à ne nous occuper ici que de ce métal.

parties pour l'argent à un titre inférieur ; les essayeurs, à cette époque, ne connaissaient que les doses de plomb nécessaires pour déterminer quelques titres de l'argent ; leurs résultats étaient certains quand ils opéraient soit sur un alliage à 0,850 ou sur l'argent au-dessous de 0,500 ; mais ils devaient être fautifs toutes les fois que l'argent essayé se trouvait allié à tout autre titre : les quantités de plomb employées étaient alors constamment trop fortes, et le titre indiqué par conséquent plus faible que le titre réel. Tout en blâmant cette méthode, il faut pourtant convenir que les inconvéniens qui en résultaient étaient beaucoup moindres que ceux qu'aurait entraîné l'emploi de trop petites quantités de plomb ; mais elle n'était pas parfaite, il fallait en compléter la première partie, et c'est le travail qu'a entrepris l'Académie des Sciences.

La commission qu'elle a nommée dans son sein, après de longues expériences, a publié en 1763 la table dont se servent aujourd'hui les essayeurs.

C'est cette table, à laquelle j'ajouterai de nouveaux termes, et à laquelle je ferai quelques corrections essentielles, toutes indiquées par une longue série d'essais faits avec soin, et souvent répétés, soit sur des alliages de cuivre et d'argent, soit sur des quantités différentes de ces métaux portés séparément l'un de l'autre dans la coupelle.

MM. Beyerlé et d'Arbigny, en insérant cette même table à la page 111 de l'ouvrage qu'ils ont publié en l'an 6, sous le titre de *Notices élémentaires sur le nouveau système des poids et mesures*, y ont joint une table correspondante exprimant en poids décimaux les quantités de plomb nécessaires pour affiner des alliages à tel

ou tel titre millésimal ; mais les résultats de leurs calculs s'éloignent beaucoup de ceux que donne l'expérience. Sur les onze termes que contient la nouvelle série, il ne s'en trouve qu'un de juste, et qui, sans inconvénient, pourrait même encore être porté plus haut.

Quelques-uns sont trop forts, d'autres trop faibles. Les auteurs ont suivi les mêmes données que les commissaires de l'Académie ; mais, en intercalant entre les deux extrêmes un plus grand nombre de moyens arithmétiques, ils ont rendu les termes moyens beaucoup moins justes : ils ont rangé d'un côté les titres de l'argent de $\frac{50}{1000}$ en $\frac{50}{1000}$, de manière à en former une progression arithmétique décroissante, dont la raison se trouve alors être exprimée par le nombre 50. Croyant ensuite que pour faire un essai d'argent au titre de $\frac{1000}{1000}$, premier terme de la progression, il fallait y ajouter, d'après l'ordonnance de 1763, deux parties de plomb, et sachant que, pour faire un essai d'argent contenant moitié de cuivre, il fallait employer 16 parties de plomb contre une de cet alliage, MM. Beyerlé et d'Arbigny ont conclu qu'en intercalant entre 2 et 16, quantités extrêmes de plomb à ajouter, des termes moyens correspondans aux différens titres, on aurait ainsi les doses de plomb nécessaires pour leur affinage.

C'est d'après ce raisonnement qu'ont été fixées les quantités de plomb nécessaires pour passer les essais aux divers titres qui se trouvent entre l'argent fin et l'argent à $\frac{500}{1000}$. On est en état de juger, d'après ce qui a été dit plus haut, du peu d'exactitude que présente cette méthode d'intercalation. Aussi la table dont nous parlons se trouve-t-elle presque entièrement fausse ; ce qui ne pouvait pas d'ailleurs manquer d'arriver, quand bien même

le problème eût pu être résolu par le calcul; car le premier terme de cette table formée par l'Académie, et qui indique deux parties de plomb pour une d'argent fin, étant faux, la quantité de plomb étant trop forte, comme on le voit dans la table jointe à ce Mémoire, il s'ensuit que tout le reste de la progression doit participer de cette erreur, puisque la raison se trouvant trop faible, les termes de la progression se trouvent portés trop bas, et qu'alors les essais n'ont pas assez de plomb pour leur affinage complet.

S'il existe quelques autres données sur ce sujet, ou elles ne sont pas publiées, ou ce ne sont que les résultats de quelques expériences isolées qui ont tous besoin d'être revus. Je vais maintenant passer aux expériences qui ont servi de base aux corrections que je propose.

De l'Argent à $\frac{1000}{1000}$ (1).

L'argent fin ne contenant pas d'alliage, on sent que la quantité de plomb employée pour le passer à la coupelle doit être la moindre possible, et qu'il faut la réduire à la dose absolument nécessaire pour mettre la prise d'essai en bain. Car l'on sait que l'argent pur, essayé à la coupelle, ne revient jamais à $\frac{1000}{1000}$, et que la perte est d'autant plus

(1) Le fourneau à coupelle qui m'a servi à faire les essais cités dans ce Mémoire a donné, pour terme moyen de plusieurs expériences, 21 degrés du pyromètre de Wedgwood dans le fond de la moufle, et 8 degrés sur le devant, la porte étant fermée.

grande que l'essai a été fait avec plus de plomb. Ce premier terme manquait dans la table publiée en 1763.

J'ai essayé à passer un gramme d'argent pur avec $0^g,100$ de plomb; mais la quantité de plomb était trop petite; ce métal s'oxidait à la surface de l'argent sans le faire entrer en bain, et la chaleur nécessaire pour fondre le tout faisait éprouver une forte perte de fin à l'essai, qui végétait d'ailleurs presque toujours. D'autres essais du même argent passés en faisant varier les doses de plomb m'ont démontré que l'on pouvait l'employer avec plus d'avantage lorsqu'il faisait les $\frac{3}{10}$ de la masse d'argent : nous regarderons donc comme démontré que les essais d'argent fin doivent être faits avec $\frac{300}{1000}$ de plomb.

Argent à 0,950.

Des alliages de 950 parties d'argent fin et de 50 parties de cuivre pur ont été passés avec des quantités de plomb différentes ; l'examen des résultats indique qu'il faut à ce titre 3 parties de plomb pour que l'essai se fasse bien : il faut donc dans ce cas 60 parties de plomb pour séparer une partie de cuivre de l'alliage où il se trouve.

Argent à 0,900.

Différens essais faits avec des doses de plomb successivement plus grandes ont démontré qu'il fallait 7 parties de plomb pour affiner une partie d'argent à $\frac{900}{1000}$: il faut donc ici 70 parties de plomb pour oxider et entraîner une partie de cuivre dans la coupelle.

Argent à 0,800.

J'ai pesé 5 essais composés chacun de 800 parties d'argent fin et de 200 parties de cuivre pur ; je les ai passés successivement avec 8, 9, 10, 11, 12 parties de plomb ; de ces cinq essais, le troisième est celui qui a le mieux réussi ; l'éclair s'est bien fait ; le bouton est revenu beau, bien cristallisé et au titre demandé. Passé 10 parties, l'essai a trop de plomb ; il y a beaucoup d'argent d'oxidé et d'entraîné dans la coupelle. Avec 8 et 9 parties de plomb, le bouton reste plat et taché.

La dose de plomb nécessaire pour passer l'argent au titre de $\frac{800}{1000}$ se trouve donc égaler 10 fois le poids de la prise d'essai, ce qui donne 50 parties de plomb pour oxider et enlever à l'argent une partie de cuivre.

De l'Argent à 0,700.

Les résultats de 6 essais faits en suivant le même procédé que celui qui a été décrit dans l'article précédent, ont démontré qu'il fallait 12 parties de plomb pour affiner complètement l'argent au titre de $\frac{700}{1000}$.

Il y a ici 40 parties de plomb contre une de cuivre.

De l'Argent à 0,600.

Plusieurs essais, composés de 600 parties d'argent fin et de 400 parties de cuivre, ont été passés à la coupelle, en suivant les mêmes bases de tâtonnement. J'avais employé depuis 12 jusqu'à 16 parties de plomb ; de tous les essais, celui qui approchait le plus du but était celui qui avait été passé avec 14 parties de plomb.

Il faut donc, pour faire l'essai de l'argent au titre

de $\frac{600}{1000}$, mettre dans la coupelle avec la prise d'essai 14 fois son poids de plomb : le rapport de ce métal au cuivre est donc alors celui de 35 à 1.

De l'Argent à 0,500.

Pour bien passer l'argent à ce titre, l'expérience démontre qu'il faut y ajouter au moins 16 parties de plomb. Le cuivre est alors dans le bain à ce dernier métal dans la proportion de 1 à 32.

De l'Argent au-dessous de 0,500.

Nous voilà arrivés à une anomalie étonnante. L'expérience journalière a depuis long-temps démontré que la dose de plomb reste fixe pour les différens titres de l'argent au-dessous de $\frac{500}{1000}$, et qu'il ne faut pas plus de plomb pour passer à la coupelle du cuivre pur que pour coupeller de l'argent allié à ce titre. Nous avons vu qu'il fallait au moins 16 parties de plomb pour séparer et entraîner dans la coupelle les $\frac{500}{1000}$ d'alliage que contient l'argent au titre de $\frac{500}{1000}$, et l'expérience démontre que cette même quantité de plomb suffit pour séparer de l'argent une quantité quelconque de cuivre, de façon que 16 parties de plomb suffisent encore pour séparer $\frac{999}{1000}$ de cuivre d'un millième d'argent, ce qui donne alors, pour le rapport du plomb au cuivre dans le bain, l'expression suivante 16,016 : 1.

J'ai déjà dit que 16 parties de plomb suffisaient pour coupeller une partie de cuivre pur. Si l'argent contient moitié de son poids de cuivre, il faut donc autant de plomb pour l'affiner, c'est-à-dire pour en séparer les $\frac{500}{1000}$ d'alliage, qu'il en faut pour coupeller $\frac{1000}{1000}$ de ce même

cuivre ; d'où il suit que les doses de plomb à employer pour l'affinage de l'argent à un titre quelconque entre $\frac{500}{1000}$ et $\frac{1}{1000}$ ne varient plus, et qu'elles restent constamment fixées entre 16 et 17 fois le poids de la prise d'essai. Comment se rendre compte de ce phénomène ? l'expérience est certaine : il faut en attendre l'explication de la connaissance de nouveaux faits.

En rassemblant les données établies dans ce Mémoire, on peut former la table suivante, qui servira à déterminer les quantités de plomb nécessaires pour affiner l'argent à différens titres (1). Les nombres portés dans la troisième colonne à droite indiquent combien de parties de plomb il faut ajouter à l'essai. Si l'essai se fait sur un gramme, et que l'argent soit au titre de 0,900, par exemple, il faudra y ajouter 7 grammes de plomb, et ainsi de suite. J'ai joint à cette table, dans la dernière colonne à droite, l'expression des rapports qui existent à chaque centaine de millièmes dans le bain entre le plomb et le cuivre. Ces résultats de l'expérience, qui ne paraissent à présent conduire à aucun principe général, pourront peut-être un jour trouver des applications utiles.

(1) Je n'ai mis ici que les variations de titre exprimées par centaine de millièmes, parce que, entre ces limites, les titres intermédiaires se rapportent assez exactement aux doses de plomb indiquées par le calcul, c'est-à-dire que l'on peut supposer, sans une forte erreur, que deux titres ne différant pas entre eux de $\frac{100}{1000}$, sont proportionnels aux doses de plomb qui leur correspondent. Ainsi on peut dire que si à $\frac{800}{1000}$ il faut 10 parties de plomb, il en faudra 11 pour affiner l'argent à $\frac{750}{1000}$. Cette proportion, qui n'est qu'approximative, est pourtant assez exacte pour que la pratique en soit bonne.

TABLE

Des quantités de plomb nécessaires pour faire les Essais d'argent.

TITRES de l'argent.	QUANTITÉS de cuivre alliées à l'argent, suivant les titres correspondans.	DOSES de plomb nécessaires pour l'affinage complet de l'argent.	RAPPORT qui existe dans le bain entre le plomb et le cuivre.
Argent à 1000 m.	0	$\frac{3}{10}$	0
950	50	3	60 à 1
900	100	7	70 à 1
800	200	10	50 à 1
700	300	12	40 à 1
600	400	14	35 à 1
500	500	de 16 à 17	32 à 1
400	600	de 16 à 17	26,666 à 1
300	700	de 16 à 17	22,857 à 1
200	800	de 16 à 17	20 à 1
100	900	de 16 à 17	17,777 à 1
1	999	de 16 à 17	16,016 à 1
Cuivre pur.	1000	de 16 à 17	16 à 1

En comparant cette table à celles qui ont été adoptées à diverses époques par le Gouvernement, on verra que les termes correspondans diffèrent entre eux de quantités assez considérables pour que leur application puisse produire des résultats différens dans l'énoncé du titre des alliages de cuivre et d'argent, et l'on concevra combien ce travail doit présenter d'intérêt. Je ne désire rien tant que de l'amener au dernier point de perfection, et c'est pour arriver plus facilement au but que je me suis proposé, que j'ai subdivisé ces recherches, en ne traitant d'abord, pour ainsi dire, que d'un cas particulier. Je publierai, dans un second Mémoire, la table des quantités de plomb nécessaires pour passer à la coupelle les essais d'or : la formation de cette table donnera lieu à des observations non moins intéressantes.

De l'Action des Acides sur les sels appelés communément hyperoximuriates (chlorates), *et sur les gaz qui en résultent;*

Par M. H. Davy (1).

Lu à la Société royale, le 4 mai 1815.

Traduit de l'anglais par M. Despretz.

Les effets que produit l'acide sulfurique concentré, versé sur l'hyperoximuriate de potasse, ont été souvent l'objet des discussions des chimistes. L'acide et le sel,

(1) Transact. philosoph., p. 214; 1815.

comme on sait, prennent une couleur orangée foncée, et si le mélange contient de l'humidité, ou si on le soumet à l'action de la chaleur, il en résulte une détonnation. Dans un Mémoire lu devant la Société royale, j'ai supposé que ce phénomène dépendait du développement et de la décomposition subite du composé d'oxigène et de chlore, que j'ai appelé *euchlorine*.

La découverte que j'ai appris avoir été faite par M. Gay-Lussac, savoir, qu'un acide particulier, qu'il a appelé *acide chlorique*, peut être obtenu en décomposant l'hyperoximuriate de baryte par l'acide sulfurique, m'a porté à examiner l'action des acides sur les hyperoximuriates, dans de nouvelles circonstances, et j'ai fait quelques observations qui ne me paraissent pas indignes d'être communiquées à la Société royale.

Si l'on verse 30 à 40 parties d'acide sulfurique dans un verre sur une partie d'hyperoximuriate de potasse sec, et si l'on agite le sel dans l'acide, il ne se manifeste qu'une très-faible effervescence; l'acide prend une couleur orangée foncée, et il se produit des fumées blanches mêlées de fumées orangées, qui remplissent la partie supérieure du verre, et dont le goût, tout particulier, n'est pas désagréable.

La petite effervescence qui a lieu dans cette expérience m'a porté à supposer que la substance qui colore l'acide doit renfermer une plus grande proportion d'oxigène que l'euchlorine; car j'ai fait voir, dans un ouvrage publié en 1812 (1), que l'hyperoximuriate de potasse contient

(1) *Elem. of Chem. phil.*

six proportions d'oxigène : on devrait obtenir en le décomposant 2,5 volumes d'oxigène pour un volume de chlore ; mais l'euchlorine produite par l'action de l'acide muriatique sur l'hyperoximuriate liquide donne seulement un volume d'oxigène et deux volumes de chlore.

J'ai essayé de me procurer la substance qui colore l'acide sulfurique pendant son action sur l'hyperoximuriate de potasse, et après plusieurs opérations manquées, dans lesquelles il y a eu explosion, je suis enfin parvenu au procédé suivant : De l'hyperoximuriate de potasse sec en poudre fut mêlé avec une petite quantité d'acide sulfurique, et ces deux substances furent broyées avec une spatule de platine, jusqu'à ce qu'elles formassent une masse solide, d'une couleur orangée brillante. Cette masse fut introduite dans une petite cornue de verre, et exposée à la chaleur graduée d'un bain-marie. Il se dégagea un fluide élastique vert-jaunâtre, qui était absorbé rapidement par l'eau en lui donnant sa couleur, mais qui n'agissait pas sensiblement sur le mercure.

Pour faire cette expérience sans danger, il ne faut pas employer plus de 2 à 3 grammes d'hyperoximuriate de potasse. Il faut très-soigneusement écarter la présence des matières combustibles, et ne pas porter l'eau à la température de son ébullition ; ce qui s'obtient facilement en la mêlant avec de l'alcool. Dans le moment où on fait le mélange, il se forme des fumées blanches, épaisses, sans production apparente de chaleur ; il se dégage alors une petite quantité du gaz orangé ; mais la plus grande partie de ce gaz reste combinée avec l'acide sulfurique dans la masse solide, et il faut employer la chaleur pour le dégager.

Le gaz obtenu par ce procédé sur le mercure, comparé au gaz obtenu de l'hyperoximuriate par l'acide muriatique liquide, présente une couleur beaucoup plus brillante; il est absorbé beaucoup plus rapidement par l'eau; il a une odeur particulière beaucoup plus aromatique, sans le moindre mélange de celle du chlore; il détruit les matières bleues végétales humides, sans préalablement les rougir. Si on le chauffe à peu près jusqu'à la température de l'eau bouillante, il fait explosion avec plus de violence que l'euchlorine; l'expansion de volume est plus grande, et il se produit plus de lumière. Après l'explosion sur le mercure, deux volumes de ce gaz donnèrent un peu moins de trois volumes (2,7 à 2,9), dont deux d'oxigène et le reste de chlore.

Comme pendant l'explosion de ce gaz il y a toujours une petite quantité de chlore absorbée par le mercure, il paraît raisonnable de conclure que le gaz d'un jaune foncé est réellement composé de deux volumes d'oxigène et d'un de chlore condensés en deux volumes; ou en poids, d'une proportion de chlore et de quatre d'oxigène.

Aucun des corps combustibles que j'ai essayés ne décompose ce gaz à la température ordinaire, excepté le phosphore: quand on l'introduit dans ce gaz, il détermine une explosion, et brûle avec beaucoup d'éclat dans les deux gaz produits. L'eau saturée de ce gaz a une couleur jaune foncée. Elle n'a pas une saveur aigre, mais elle est extrêmement astringente et corrosive. Appliquée sur la langue, elle laisse pendant long-temps une sensation désagréable.

J'ai pensé que le gaz obtenu par l'action de l'acide muriatique liquide sur les hyperoximuriates peut être

un simple mélange de ce gaz et de chlore; et en effet deux volumes de ce gaz et trois volumes de chlore donneraient par la détonnation les mêmes produits que l'euchlorine. Le seul fait que je connaisse contraire à cette idée, est que le clinquant (*dutch foil*) ne brûle pas spontanément dans le gaz obtenu par l'acide muriatique, ce à quoi l'on pourrait s'attendre si le gaz contenait $\frac{3}{5}$ de chlore non combiné; néanmoins on doit suspendre la force de cet argument jusqu'à ce qu'il soit démontré par l'expérience que le clinquant s'enflamme dans un mélange de deux parties de gaz jaune et de trois de chlore. Je me suis assuré que, quoique le gaz obtenu des hyperoximuriates et de l'acide muriatique agisse sur l'eau plus lentement que sur le gaz, il lui donne cependant à la fin la même teinte et les mêmes propriétés; et quand on met une grande quantité de ce gaz en contact avec peu d'eau, il laisse toujours un résidu de chlore; de sorte que s'il n'est pas un mélange, mais une combinaison, le nouveau gaz est produit par l'action que l'eau exerce sur lui.

L'action de l'acide nitrique sur l'hyperoximuriate donne le même gaz que celui produit par l'action de l'acide sulfurique, et l'on peut, sans danger, faire agir sur le sel une beaucoup plus grande quantité d'acide nitrique; mais le gaz est toujours mêlé avec environ $\frac{1}{5}$ d'oxigène. J'ai obtenu du mélange solide avec l'acide sulrique un gaz qui ne contenait que $\frac{1}{20}$ d'oxigène; la proportion de $\frac{1}{5}$ d'oxigène, obtenue dans les expériences avec l'acide nitrique, s'est dégagée pendant le temps que se faisait le mélange.

Une dissolution saturée de ce gaz donne des fumées

blanches semblables à celles produites au moment du mélange du sel avec l'acide sulfurique; d'où il est probable que ces fumées sont un hydrate de ce gaz.

La dissolution saturée, mêlée à une dissolution d'alcali fixe ou d'ammoniaque, ne perd pas immédiatement sa couleur, et ne neutralise pas ces substances; mais cet effet est produit au bout de quelque temps, et on obtient des hyperoximuriates, probablement mêlés avec une petite quantité de muriates. Cette dissolution, exposée à l'air, ou conservée dans des vaisseaux fermés, devient bientôt incolore. Je suis porté à croire que cet effet dépend de la décomposition de l'eau, car si l'on en met une petite quantité avec de l'air, elle paraît en augmenter le volume.

Je ne proposerai pas de nom particulier pour cette substance, jusqu'à ce qu'il soit bien déterminé si l'euchlorine est un mélange ou une combinaison dans des proportions définies; et j'espère avoir bientôt les moyens de faire des expériences décisives sur ce sujet.

Il paraît que, quoique cette substance contienne quatre proportions d'oxigène, elle n'est pas acide; et d'après cela il est probable que l'acide liquide composé de chlore, d'oxigène et d'eau, que M. Gay-Lussac appelle acide chlorique, doit son pouvoir acide à la combinaison de l'hydrogène et qu'il est analogue aux autres hyperoximuriates, qui sont des composés triples de bases inflammables, de chlore et d'oxigène, dans lesquels la base et le chlore déterminent le caractère du composé. Le muriate de potasse (potassane) est un corps parfaitement neutre; et il demeure encore neutre par l'addition de six proportions d'oxigène. L'acide muriatique (chlore et hydrogène) est un acide puissant; et en

admettant les rapports ci-dessus établis, il ne doit pas perdre ses propriétés acides par l'addition de six proportions d'oxigène. Jusqu'à ce que nous ayons une combinaison pure d'oxigène et de chlore possédant les propriétés acides, nous n'avons pas le droit de dire que le chlore est capable d'être acidifié par l'oxigène, et qu'il existe un acide composé dans les hyperoximuriates. Nous savons que le chlore est susceptible d'être converti en un acide puissant par l'hydrogène, et comme je l'ai avancé dans mon dernier Mémoire, partout où ce principe existe, ses propriétés énergiques ne doivent pas être perdues de vue ; et tous les faits nouveaux confirment une opinion que j'ai plus d'une fois soumise à la considération de la Société royale, savoir que l'acidité ne dépend pas d'une substance élémentaire *particulière*, mais bien de *combinaisons particulières* de différentes substances (1).

---

(1) Depuis mon retour en Angleterre, j'ai fait quelques expériences sur l'oxiodine, sur les oxides et sur le gaz jaune : l'appareil portatif dont j'ai fait usage en Italie était seulement propre pour opérer sur de très-petites quantités d'oxiodine. J'ai fait, depuis, mes expériences sur une plus grande échelle.

Trente grains d'oxiodine, décomposés par la chaleur, ont donné 9,25 pouces cubiques d'oxigène; et 48 grains d'*oxipotassane* ou d'oxiode de potassium (iodate de potasse) ont donné, par leur décomposition par le feu, 31 pouces cubiques de gaz oxigène : 30 grains de potassane, ou d'iode de potassium (iodate de potasse décomposé par le feu), ont donné, en les traitant par l'acide nitrique, 17,8 grains de nitre sec. Ces résultats donnent 164 pour le nombre représentant l'iodine, et prouvent que l'*oxiodine* (acide iodique) est composé

EXTRAIT

Des Séances de la première Classe de l'Institut.

Séance du 3 janvier 1816.

La Classe accepte le dépôt d'un paquet cacheté, sur le perfectionnement des machines à feu agissant par l'air dilaté, par MM. Désormes et Clément, pour n'être ouvert que sur la demande de l'un d'eux.

Après avoir procédé à l'élection du vice-président, on lit un Mémoire de M. Dutrochet sur le canal alimentaire des insectes.

Séance publique du 8 janvier 1816.

Dans cette séance, la Classe a décerné plusieurs prix.

La médaille fondée par M. Lalande a été accordée à M. Mathieu, astronome attaché à l'Observatoire royal,

---

d'une proportion d'iode et de 5 d'oxigène, et que les oxides contiennent 6 proportions d'oxigène.

Le gaz jaune, quand il est mêlé avec le chlore dans la proportion de 2 à 3, ou même de 2 à 2, lui fait perdre la propriété d'agir sur le clinquant, quoiqu'une partie de chlore, mêlée avec 2 d'air commun, brûle encore cette substance. D'après cela, il paraît probable que le gaz coloré sombre et le chlore ont de l'action l'un sur l'autre, et que l'euchlorine n'est pas un simple mélange de ces gaz. J'espère, sous peu, présenter à la Société quelques nouveaux résultats sur ce sujet.

auteur d'un Mémoire qui contient une longue suite d'observations importantes.

La Classe avait proposé, pour le sujet du prix de 1816, *la Théorie des ondes à la surface d'un fluide pesant, d'une profondeur infinie*. Elle a couronné le Mémoire de M. Cauchy, ingénieur des ponts et chaussées.

La question de *la Théorie mathématique des vibrations des lames élastiques* avait été remise au concours en 1814 : cette année, la Classe a décerné le prix au seul Mémoire qui lui soit parvenu, et dont l'auteur est mademoiselle Sophie Germain, de Paris.

La Classe a de plus partagé le prix extraordinaire de physique entre M. Seebeck et M. Brewster.

« M. Seebeck a découvert que toutes les masses de « verre, chauffées et ensuite refroidies rapidement, « produisent des figures régulières diversement colorées, « lorsqu'elles sont interposées entre des piles de glace ou « entre des miroirs réflecteurs combinés suivant la mé- « thode de Malus. Il a vu en outre que les figures qui « se produisent dans un même morceau devenaient dif- « férentes quand on en changeait sa forme. M. Seebeck « a publié sa découverte dans le Journal de Physique « de Schweigger, en 1813 et 1814 ; il a montré que ces « phénomènes dépendent de la rapidité du refroidisse- « ment, de sorte que l'on peut ainsi, par des réchauffe- « mens et des refroidissemens convenables, donner ou « ôter au verre la propriété de produire des couleurs.

« M. Brewster est auteur d'un grand nombre de Mé- « moires insérés dans les Transactions philosophiques, « et qui sont compris dans les limites du concours. Il en a « envoyé plusieurs autres en manuscrit. Parmi les faits

« importans contenus dans ces Mémoires, il en est beau-
« coup qui ont été antérieurement découverts et impri-
« més en France ; mais dans le nombre des résultats
« qui appartiennent à M. Brewster, les commissaires ont
« spécialement distingué le transport des couleurs de la
« nacre de perle, la formation des couleurs complémen-
« taires par des réflexions successives entre des surfaces
« métalliques, et le développement des phénomènes
« que M. Seebeck avait découverts. »

(*Voyez*, ci-après, les sujets de prix que la Classe propose.)

Dans cette même séance, M. Delambre a lu une Notice historique sur la vie et les ouvrages de M. Lévêque ;

M. Ramond, des Considérations sur les Volcans d'Auvergne ;

M. Cuvier, une Notice sur la vie et les ouvrages de M. Olivier ;

M. Pinel, les résultats obtenus sur le traitement des aliénés en 1813, 1814 et 1815, avec les moyens de perfectionner leurs dénombremens annuels dans les hospices.

Séance du 15 janvier 1816.

M. Magendie présente à la Classe le premier volume manuscrit d'un ouvrage qui aura pour titre : *Traité élémentaire de Physiologie.*

MM. Laplace, Beautemps-Beaupré et Sané font leur rapport sur un ouvrage manuscrit de M. Dupin, officier du génie maritime et correspondant de l'Institut, ayant pour titre : *Tableau de l'Architecture navale militaire aux* 18e *et* 19e *siècles*. La Classe, d'après l'avis de la

commission, a décidé que cet important ouvrage ferait partie de la Collection des arts et métiers qu'elle doit publier.

M. Latreille lit un Mémoire intitulé : *Introduction à la Géographie générale des Arachnides et des Insectes*, ou *des climats propres à ces animaux*.

M. Cuvier donne communication de la traduction d'un article adressé par sir Charles Blagden, sur la découverte des pays au-delà des montagnes Bleues, dans la Nouvelle-Hollande.

Séance du 22 *janvier* 1816.

MM. Charles, Poisson et Biot font un rapport sur les Lunettes de spectacle de M. Cauchoix.

A l'origine les objectifs des lunettes de spectacle étaient simples; mais alors, pour que l'effet de l'aberration de réfrangibilité ne fût pas intolérable, il fallait rétrécir considérablement leur ouverture et employer un grossissement à peine sensible. Aussitôt qu'on eut connu la possibilité d'achromatiser les objectifs, on s'empressa d'appliquer cette invention aux lunettes de spectacle; mais, pour ne pas dépasser les limites de longueur que l'usage prescrit, on ne fit qu'en partie la correction des aberrations. Le rapporteur annonce que M. Cauchoix a trouvé les moyens de les détruire complètement, et que par là ses lunettes peuvent supporter des grossissemens plus considérables sans qu'il soit nécessaire d'augmenter leur longueur. Il décrit ensuite les moyens pratiques auxquels l'artiste a eu recours pour découvrir quelles courbures doivent avoir les deux lentilles de flint et de crown

dont l'objectif se compose, afin que leur système soit entièrement exempt des défauts que nous avons indiqués. Parmi ces courbures on choisit celles dans lesquelles les surfaces consécutives ont même rayon, ce qui permet de les appliquer l'une sur l'autre, et de détruire la réflexion intermédiaire en introduisant entre les deux verres une couche liquide d'une réfraction convenable. La substance dont se sert M. Cauchoix (M. le rapporteur ne la désigne pas) s'applique à froid, sans aucune pression, acquiert dans peu de temps une consistance très-grande, n'est pas sujette à se décomposer, de plus est très-commune et par là présente beaucoup d'avantages sur le mastic particulier qu'on avait déjà employé anciennement dans de grands objectifs, afin de diminuer les défauts du travail des surfaces collées.

Les nouvelles lunettes de M. Cauchoix grossissent jusqu'à sept fois au lieu de trois qu'on était parvenu à obtenir auparavant dans les mêmes dimensions. Elles sont construites avec du crown français et du flint-glass de M. Dartigues, de 1,33 de pesanteur spécifique, l'eau étant 1 : éprouvées, l'effet a paru excellent, du moins lorsque la pupille est exactement dans l'axe. Il existe des lunettes anglaises qui, dans les mêmes dimensions, grossissent autant; mais elles ont très-peu d'ouverture : la grande lumière de celles qui font l'objet du rapport tient au diamètre et au collage des verres.

MM. Ampère et Poisson font un rapport sur un Mémoire de M. Pouillet, intitulé : *Expériences sur les anneaux colorés qui se forment par la réflexion des rayons à la seconde surface des lames épaisses, et sur un nouveau phénomène qui s'y rapporte.*

Newton a assigné les lois du phénomène des anneaux colorés par rapport à l'ordre des couleurs, aux diamètres des divers anneaux et aux épaisseurs qui les produisent ; et c'est sur ces lois qu'est fondée la théorie connue des accès de facile réflexion et de facile transmission. Dans cette théorie, les modifications que la lumière éprouve n'ayant lieu qu'à la première et à la seconde surfaces du verre, il était naturel de penser qu'il se produirait des phénomènes analogues lorsqu'on supprimerait la matière comprise entre les deux surfaces, et qu'on la remplacerait par de l'eau, de l'air ou toute autre substance. M. Pouillet a vérifié cette conjecture en plaçant devant un miroir métallique une lame mince de mica qui remplaçait la première surface du verre, et alors il a vu en effet se former des anneaux semblables à ceux qu'avaient présentés les expériences faites avec un miroir de verre étamé par derrière ; il en a mesuré les dimensions dans diverses positions de la lame, et elles se sont toujours accordées avec celles qu'on déduisait de formules fondées sur la théorie des accès. Le duc de Chaulnes avait déjà observé la formation des anneaux dans des circonstances analogues ; mais, faute d'en avoir mesuré les dimensions, il les avait présentés comme une exception à la théorie Newtonienne.

M. Pouillet a reconnu qu'il n'est pas nécessaire que le rayon traverse la matière même de la lame qu'on place devant le miroir métallique pour former des anneaux. Si l'on y pratique un trou au travers duquel on fait passer la lumière, la portion qui est réfléchie irrégulièrement par le miroir, et qui vient passer une seconde fois par le trou, produit des anneaux colorés comme dans le cas pré-

cédent ; ce qui montre que l'action inconnue qui émane des bords de l'ouverture faite à la lame s'exerce à une distance sensible sur la lumière. La figure de cette ouverture peut être telle qu'on voudra ; on peut même la remplacer par le simple bord d'une lame opaque ; il se formera toujours des anneaux dont les diamètres suivent la loi ordinaire (1). L'auteur ne se prononce pas dans son Mémoire sur l'identité ou la différence de ces bandes avec celles que produit la diffraction.

Séance du lundi 29 janvier 1816.

M. de Humboldt, en présentant son ouvrage, *nova genera et species plantarum*, qui renfermera la description de plus de 3000 nouvelles espèces, a lu un Mémoire sur la

---

(1) Jusqu'ici le Mémoire de M. Pouillet pouvait être considéré comme le complément du travail que le duc de Chaulnes avait inséré dans le recueil de l'Académie pour 1755 ; mais l'expérience de la lame opaque présente un résultat nouveau. En effet, cet académicien rapporte qu'après avoir substitué un morceau de mousseline très-claire à la lame de talc, les *anneaux circulaires* étaient remplacés par des *bandes* colorées, disposées dans le même ordre, mais qui étaient sensiblement *carrées*, quoique leurs angles fussent un peu arrondis ; et qu'une lame de rasoir, placée dans le rayon incident, fournissait seulement plusieurs traits diversement colorés. Du reste, Herschel a reconnu depuis long-temps que, pour produire des *anneaux* très-vifs avec un miroir métallique parfaitement poli, il suffit de jeter un peu de poussière dans le faisceau de lumière incidente. (An.)

distribution des formes végétales, ou sur le rapport numérique très-constant d'après lequel les différentes familles de plantes sont réparties sous différentes zônes et à différentes hauteurs : c'est ainsi, par exemple, que les *graminées* forment en Angleterre $\frac{1}{12}$, en France $\frac{1}{13}$, dans l'Amérique du nord $\frac{1}{10}$ de toutes les plantes *phanérogames*. Les *glumacées* sont en Allemagne $\frac{1}{7}$, en France $\frac{1}{8}$, dans l'Amérique du nord $\frac{1}{8}$ des plantes *monocotylédon* et *dicotylédon*. On voit certaines formes devenir plus communes en allant de l'équateur vers le pôle, comme les *glumacées* et les *crucifòres*; d'autres formes augmentent des pôles vers l'équateur, comme les *rubiacées*, les *malvacées* et les *composées*: d'autres encore atteignent leur maximum dans la zône tempérée même et diminuent vers le pôle et l'équateur, comme les *labiées* et les *amentacées*; de sorte que si l'on connaît sous un parallèle quelconque le nombre des *légumineuses*, on peut déterminer par approximation le nombre des espèces de toutes les *phanérogames* et des autres familles.

On lit un Mémoire de M. Marcel de Serres sur une coquille d'eau douce qu'il appelle *acanthis pellicuda*.

M. de Bonard, ingénieur des mines, lit un Mémoire sur la géognosie de l'*Erzbürge*.

PRIX

Proposés au concours par la première classe de l'Institut, dans la Séance publique du 8 *janvier* 1816.

THÉORÈME DE FERMAT.

Quoique les travaux successifs de plusieurs géomètres aient avancé la science des nombres beaucoup au-delà de ce qu'elle était au temps de Fermat, cependant deux des principaux théorèmes dus à ce savant illustre restaient encore sans démonstration, ou du moins n'étaient démontrés l'un et l'autre que dans les deux premiers des cas généraux qu'ils embrassent.

L'un de ces théorèmes, celui qui concerne les nombres polygones, vient enfin d'être démontré par M. Cauchy, dans un Mémoire qui a obtenu les éloges de la Classe, et qui ne peut manquer de réunir les suffrages des géomètres.

Il ne reste donc plus à démontrer que l'autre théorème, savoir : *Que, passé le second degré, il n'existe aucune puissance qui puisse se partager en deux autres puissances du même degré.*

Une démonstration de ce théorème, pour le cas du quatrième degré, a été donnée par Fermat lui-même, dans une de ses notes marginales sur Diophante. Euler a ensuite démontré d'une manière analogue le cas du troisième degré; mais la démonstration reste à trouver pour les puissances ultérieures, ou seulement pour celles dont l'exposant est un nombre premier, car de ce seul cas on déduit immédiatement tous les autres.

Dans cet état de choses, la Classe, voulant rendre hommage à la mémoire de l'un des savans qui ont le plus honoré la France, et désirant en même temps fournir aux géomètres l'occasion de perfectionner cette partie de la science, propose pour sujet du prix de Mathématiques à décerner en janvier 1818, la démonstration générale du problème qui vient d'être énoncé.

Le prix sera une médaille d'or de la valeur de trois mille francs.

PERTURBATIONS DES PLANÈTES.

La Classe des sciences avait proposé pour sujet d'un prix double qu'elle devait tenir en réserve jusqu'au 1er janvier 1816, s'il était nécessaire, *la Théorie des Planètes dont l'excentricité et l'inclinaison sont trop considérables pour qu'on en puisse calculer les perturbations assez exactement par les méthodes connues*. La Classe ne demandait aucune application numérique; *elle n'exigeait que des formules analytiques, mais disposées de manière qu'un calculateur intelligent pût les appliquer sûrement et sans s'égarer, soit à la planète Pallas, soit à toute autre déjà découverte, ou qu'on pourrait découvrir par la suite*. Le délai de cinq ans, qu'elle avait assigné, vient d'expirer. Elle n'a reçu que deux Mémoires. Les auteurs ne se sont pas assez conformés aux intentions exprimées dans le programme. Tous les deux (et l'un d'eux surtout) ont laissé trop de développemens analytiques à exécuter par les géomètres qui voudraient se mettre en état de bien comprendre et de juger la solution qu'ils ont donnée du problème. Ils ont trop né-

gligé de se mettre à la portée du calculateur qui voudrait former des tables de Pallas ou de toute autre planète. Les supplémens envoyés à diverses époques sont bien loin encore d'aplanir toutes les difficultés.

La Classe voyant, par ces supplémens et par les notes transmises par les auteurs anonymes, que le temps a pu leur manquer pour entrer dans tous les développemens nécessaires, et considérant de plus que la même cause a pu écarter du concours d'autres géomètres qui auraient eu la force et la volonté de traiter une question si difficile, a cru devoir proroger d'un an le terme fixé pour le concours, et elle annonce qu'elle adjugera ce prix, dans sa séance publique de janvier 1817, à la pièce qui satisfera pleinement aux conditions ci-dessus énoncées.

Le prix sera double, c'est-à-dire une médaille de la valeur de 6000 francs. Les ouvrages envoyés au concours devront être écrits en français ou en latin, et ne seront reçus que jusqu'au 1er octobre 1816. Ce terme est de rigueur.

PRIX DE GALVANISME.

Il n'est rien parvenu à l'Institut qui mérite le prix annuel fondé pour récompenser les travaux entrepris dans le dessein de contribuer à l'avancement de cette partie importante de la physique.

Ce n'est pas cependant que la matière soit épuisée; la Classe a pensé qu'il était peut-être nécessaire d'appeler l'attencion des physiciens sur quelques-uns des sujets qui manquent encore au complément de cette théorie.

On a porté très-loin les expériences sur l'action des deux pôles de la pile de Volta et sur son influence dans

les combinaisons et les décompositions des corps. Au milieu de ces recherches, on a trop oublié peut-être un autre objet que celui-là rappelle naturellement. Il y a long-temps qu'on avait remarqué que, dans les combinaisons chimiques faites sans le concours direct des actions électriques et entre des substances qui, avant d'être combinées, ne donnent aucun signe très-sensible d'électricité, les composés obtenus se trouvaient dans un état électrique très-évident, et susceptible d'être cumulé et évalué au moyen d'un condensateur.

Il serait donc important, de même qu'on a déterminé dans beaucoup de cas quelles combinaisons résultent de l'intervention d'une action électrique calculable, qu'on pût établir quel genre et quelle mesure d'électricité résultent au contraire des diverses combinaisons dans lesquelles les corps passeraient à un état électrique apparent et calculable. Une suite un peu complète d'expériences ordonnées dans cette vue ne serait peut-être pas sans intérêt et sans utilité.

Un autre phénomène non moins intéressant, et qui concerne spécialement l'économie animale, est celui qui se manifeste dans l'expérience par laquelle des parties alternativement nerveuses et musculaires d'un même animal ou de plusieurs suffisent pour former un cercle dont les contacts produisent les mêmes excitations qui résultent d'un cercle composé de métaux intermédiaires aux organes musculaires et nerveux.

Cette expérience, due originairement à Galvani, puis répétée par plusieurs physiciens, à laquelle semble évidemment se rapporter le phénomène de la torpille, analysée enfin et rapportée à la théorie des couples élec-

triques de la pile par Volta, pourrait peut-être, par ses développemens et l'art des expériences, être étendue et appliquée à différentes circonstances de l'économie animale, de manière à jeter de nouvelles lumières sur la théorie encore si obscure de l'influence nerveuse sur les actions organiques et sur les résultats de ces actions.

On s'abstiendra de donner plus d'extension à cette idée; mais il a paru qu'il était à propos de reporter l'attention des physiciens et des physiologistes sur une expérience première dont on a paru jusqu'à cette heure négliger les développemens, et qui est encore à peu près bornée à un premier fait dont les conséquences semblent devoir être beaucoup plus étendues. Les premières expériences de M. de Humboldt sur les changemens que les liqueurs animales, immédiatement au sortir de leurs canaux, éprouvent sous l'action des excitans galvaniques, sont un indice de ce que les physiologistes peuvent espérer d'une nouvelle suite d'expériences entreprises dans les vues qui viennent d'être indiquées.

La Classe invite les physiciens à s'occuper des deux séries d'expériences dont on vient de leur rappeler le premier anneau, et qui peuvent donner une nouvelle et importante extension à la théorie de l'électricité.

PRIX DE CHIMIE.

Rapport fait à la Classe par les membres de la section de Chimie.

Feu M. Ravrio ayant eu souvent occasion d'observer combien l'art de dorer par le mercure, tel qu'on le pratique aujourd'hui presque partout, est nuisible à la santé, a fait un legs de 3000 francs en faveur de celui qui par-

viendra à trouver un procédé au moyen duquel on pourra employer le mercure, sans aucun danger, dans la dorure. Sa volonté est que le prix reste au concours pendant cinq ans, et que si, au bout de ce temps, la question n'est point résolue, les 3000 francs soient remis aux indigens de son arrondissement.

Le Gouvernement, d'après l'avis de la première Classe de l'Institut, ayant approuvé ce legs, nous allons vous présenter le programme que nous croyons le plus convenable, en le faisant précéder d'une courte description de l'art, pour que l'on puisse mieux saisir les divers inconvéniens dont il est accompagné.

L'espèce de cuivre que l'on dore est le laiton.

La première opération à laquelle on le soumet, consiste à le calciner ou le recuire jusqu'au rouge; elle a pour objet de détruire les corps gras dont il pourrait être recouvert; mais comme il s'oxide en même temps que la graisse se brûle, il faut nécessairement le décaper, et c'est l'objet de la seconde opération; celle-ci se fait dans l'acide nitrique ou dans l'acide sulfurique faible : après quoi, on lave le métal, et on le sèche en le frottant avec du son ou de la sciure de bois.

Le laiton étant ainsi préparé, on se procure du nitrate de mercure par les procédés ordinaires, et de l'amalgame d'or, en chauffant dans un creuset du mercure et de l'or laminé. Alors on le mouille avec la dissolution mercurielle qui le recouvre tout-à-coup de mercure, et l'on applique dessus et partout de l'amalgame avec une gratte-brosse. Certains doreurs, au lieu d'employer la dissolution, ne font usage que d'amalgame mêlé d'un peu d'acide nitrique. Dans tous les cas, on chauffe en-

suite progressivement la pièce pour pouvoir étendre plus facilement l'amalgame, et pour vaporiser le mercure.

Au sortir du feu, les uns font bouillir la pièce dans l'eau, d'autres dans la décoction de réglisse, d'autres dans celle de farine de marron d'Inde; tous en même temps la frottent pour la nettoyer.

La pièce sort toujours de cette opération d'un jaune sale. On ne parvient à lui donner la couleur de l'or qu'en la couvrant d'une bouillie composée d'eau, de sel, de nitre et d'alun, l'exposant au feu, la traitant par l'eau chaude et l'essuyant.

Enfin, on la passe à la dent-de-loup lorsqu'on veut la brunir, et on la livre au commerce.

Il est facile de voir que, parmi toutes ces opérations, celles qui offrent plus ou moins d'inconvéniens ou de dangers sont:

La préparation de la dissolution mercurielle, la préparation de l'amalgame, et la calcination de la pièce couverte d'amalgame.

La préparation de la dissolution donne lieu à des exhalaisons de gaz nitreux, qui est l'un des gaz les plus actifs et les plus délétères; à la vérité, il s'en produit peu, et par cette raison, ce gaz est peu à craindre.

Il se forme de la vapeur mercurielle pendant la préparation de l'amalgame; il s'en forme surtout pendant la calcination de la pièce couverte d'amalgame. Une partie de cette vapeur se répand dans l'atelier si la cheminée tire mal, atteint les ouvriers, et finit par les faire périr: c'est cette dernière opération qui est de beaucoup la plus dangereuse.

Quoique ces opérations n'aient jamais été faites, du

moins dans presque tous les ateliers de Paris, de manière à éviter la vapeur mercurielle, il ne faut pas croire qu'il soit difficile de les perfectionner à ce point. Il y a même si peu de difficultés à vaincre, que la Section de Chimie se serait bien gardée de mettre, de son propre mouvement, une semblable question au concours, surtout après les essais heureux que nous devons à M. Gosse, et à M. Robert Guedin, de Genève. Mais, consultée sur la question de savoir si le gouvernement devait autoriser le legs de M. Ravrio, qui désirait qu'elle y fût mise; considérant d'ailleurs que l'appareil de M. Gosse, et celui de M. Robert Guedin, sont encore susceptibles de perfectionnement, elle n'a pas hésité à se décider pour l'affirmative, parce qu'elle espère que ce sera un moyen d'éveiller l'attention des maîtres doreurs sur les dangers dont leurs ouvriers sont sans cesse menacés, et qu'ils ne seront point assez insoucians pour rejeter un appareil simple qui les en préserverait, lorsqu'ils le verront en activité.

En conséquence du rapport ci-dessus, et conformément au désir de M. Ravrio, autorisé par le Gouvernement, la Classe propose pour sujet du prix dont cet estimable artiste a fait les fonds par son testament, la question suivante :

Trouver un moyen simple, et peu dispendieux, de se mettre à l'abri, dans l'art de dorer sur cuivre par le mercure, de tous les dangers dont cet art est accompagné, et particulièrement de la vapeur mercurielle.

On exige que les concurrens pratiquent à Paris, dans un atelier disposé à cet effet, les procédés qu'ils pro-

poseront; que leurs appareils soient plus parfaits qu'aucun de ceux qui sont connus jusqu'à ce jour; et l'on désire en même temps qu'ils soient tels qu'on y puisse recueillir le mercure vaporisé.

Le prix sera de 3000 francs.

Le terme du concours est fixé au 1er octobre 1816.

Le résultat en sera publié le premier lundi de janvier 1817.

CONDITIONS GÉNÉRALES DES CONCOURS.

Toute personne, à l'exception des membres de l'Institut, est admise à concourir. Aucun ouvrage envoyé au concours ne doit porter le nom de l'auteur, mais seulement une sentence ou devise. On pourra, si l'on veut, y attacher un billet séparé et cacheté, qui renfermera, outre la sentence ou devise, le nom et l'adresse de l'auteur : ce billet ne sera ouvert que dans le cas où la pièce aura remporté le prix.

Les ouvrages destinés au concours peuvent être envoyés au secrétariat de l'Institut, en affranchissant le paquet qui les contiendra; le commis au secrétariat en donnera des récépissés. On pourra aussi les adresser francs de port au secrétaire perpétuel de la Classe.

Les concurrens sont prévenus que l'Institut ne rendra aucun des ouvrages qui auront été envoyés au concours.

Les auteurs auront la liberté d'en faire prendre des copies, s'ils en ont besoin.

La Commission administrative de l'Institut délivrera la médaille au porteur du récépissé; et, dans le cas où il n'y aurait point de récépissé, la médaille ne sera re-

mise qu'à l'auteur même, au ou porteur de sa procuration.

De ces diverses conditions, il n'y a guère que la première et la dernière qui s'appliquent au prix du Galvanisme et à la médaille de Lalande, qui peuvent être décernés à des ouvrages imprimés.

Ire TABLE

Des dilatations linéaires qu'éprouvent différentes substances depuis le terme de la congélation de l'eau jusqu'à celui de son ébullition, d'après les expériences de MM. de Laplace *et* Lavoisier.

DÉNOMINATION des SUBSTANCES.	DILATATION Pour une Règle égale à l'unité. En fractions décimales.	En fractions vulgaires.
Acier non trempé.	0,00107915	$\frac{1}{927}$
Acier trempé jaune, recuit à 65 degrés.	0,00123956	$\frac{1}{807}$
Argent de coupelle.	0,00190974	$\frac{1}{524}$
Argent au titre de Paris.	0,00190868	$\frac{1}{524}$
Cuivre.	0,00171733	$\frac{1}{582}$
Cuivre jaune ou laiton.	0,00187821	$\frac{1}{532}$
Étain des Indes ou de Mélac. .	0,00193765	$\frac{1}{516}$
Etain de Falmouth.	0,00217298	$\frac{1}{462}$
Fer doux forgé.	0,00122045	$\frac{1}{819}$
Fer rond passé à la filière. . .	0,00123504	$\frac{1}{812}$
Flint-glass anglais.	0,00081166	$\frac{1}{1248}$
Mercure (en volume).	0,01847746	$\frac{1}{54,12}$
Or de départ	0,00146606	$\frac{1}{682}$
Or au titre de Paris, non recuit.	0,00155155	$\frac{1}{645}$
Or au titre de Paris, recuit. . .	0,00151361	$\frac{1}{661}$
Platine (selon Borda).	0,00085655	$\frac{1}{1167}$
Plomb.	0,00284836	$\frac{1}{351}$
Verre de France avec plomb.	0,00087199	$\frac{1}{1147}$
Verre sans plomb (en tube). .	0,00089694	1/[illegible]
Verre de St.-Gobain (glace). .	0,00089089	$\frac{1}{1122}$

Pendant la suite d'expériences qui a fourni ces beaux résultats, les auteurs reconnurent que le verre et les métaux éprouvent des dilatations sensiblement proportionnelles à celles du mercure; en sorte qu'un nombre de degrés double du thermomètre donne une dilatation double; un nombre de degrés triple, une dilatation triple, et ainsi de suite. L'acier *trempé* seul présenta des écarts très-extraordinaires; car sa dilatation allait toujours en diminuant d'une manière sensible, à mesure que la température était plus élevée, et quoiqu'on n'eût pas dépassé dans les expériences relatives à ce métal le 81ᵉ degré du thermomètre centigrade. Mais, suivant la remarque de ces célèbres physiciens, l'acier trempé à froid doit éprouver probablement un commencement de *recuit* lorsqu'on l'échauffe à 81°; et sa dilatabilité doit se rapprocher graduellement de celle de l'acier *non trempé*, qui, comme on sait, est moins considérable. Quoi qu'il en soit, la dilatation totale de l'acier trempé entre zéro et 81°,25 (65° Réaumur), parut être de $0{,}0010067 = \frac{1}{993}$.

La table de dilatation précédente a été trouvée récemment dans les papiers de Lavoisier, et nous a été communiquée par M. Biot.

II[e] TABLE

Des dilatations linéaires qu'éprouvent différentes substances, depuis le terme de la congélation de l'eau jusqu'à celui de son ébullition, d'après les expériences de M. Smeaton.

DÉNOMINATION des SUBSTANCES.	DILATATION Pour une Règle égale à l'unité	
	En fractions décimales.	En fractions vulgaires.
Acier poule	0,00115000	1/870
Acier trempé	0,00122500	1/816
Bismuth	0,00139167	1/719
Cuivre rouge battu	0,00170000	1/588
Cuivre rouge, 8 parties; étain, 1 partie	0,00181667	1/550
Cuivre jaune fondu	0,00187500	1/533
Cuivre jaune, 16 parties; étain, 1 partie	0,00190833	1/524
Etain fin	0,00228333	1/438
Etain en grains	0,00248333	1/403
Fer	0,00125833	1/795
Fil de laiton	0,00193333	1/517
Métal de miroir de télescope	0,00193333	1/517
Plomb	0,00286667	1/349
Régule martial d'antimoine	0,00108333	1/923
Soudure blanche; étain, 1 partie; plomb, 2 parties	0,00250533	1/399
Soudure de zinc; zinc, 1 partie; cuivre, 2 parties	0,00205833	1/486
Verre blanc (tube de barom.)	0,00083333	1/1175
Zinc	0,00294167	1/340
Zinc allongé au marteau d'un pouce par pied	0,00310833	1/322
Zinc, 8 parties; étain, 1 partie, un peu forgé au marteau	0,00269167	1/372

IIIe TABLE

Des dilatations linéaires qu'éprouvent différentes substances, depuis le terme de la congélation de l'eau jusqu'à celui de son ébullition, d'après les expériences du major-général Roy.

DÉNOMINATION des SUBSTANCES.	DILATATION Pour une Règle égale à l'unité. En fractions décimales.	En fractions vulgaires.
Acier (verge d')	0,00114450	$\frac{1}{874}$
Cuivre jaune de Hambourg	0,00185550	$\frac{1}{539}$
Cuivre jaune anglais, en forme de verge	0,00189296	$\frac{1}{528}$
Cuivre jaune anglais, en forme d'auge ou de canal rectangle.	0,00189450	$\frac{1}{528}$
Fer fondu (prisme de)	0,00111000	$\frac{1}{901}$
Verre (en tube)	0,00077550	$\frac{1}{1239}$
Verre (en verge solide)	0,00080833	$\frac{1}{1237}$

L'habile artiste Troughton s'est aussi occupé de la détermination des dilatations que les métaux éprouvent par l'action de la chaleur : ses résultats ont été publiés séparément dans plusieurs journaux anglais. Nous les avons rassemblés ici en les réduisant toutefois, comme les précédens, aux températures fixes de la glace fondante et de l'ébullition de l'eau.

Dilatation linéaire pour 100 g.

Acier	0,0011899	$= \frac{1}{840}$
Argent	0,0020826	$= \frac{1}{480}$
Cuivre........................	0,0019188	$= \frac{1}{521}$
Fer (tiré à la filière)...........	0,0014401	$= \frac{1}{694}$
Platine........................	0,0009918	$= \frac{1}{1008}$
Palladium (d'après Wollaston) ..	0,0010	$= \frac{1}{1000}$

Les chimistes, qui savent combien le palladium est rare, s'étonneraient sans doute qu'on ait pu déterminer sa dilatation avec exactitude, si nous ne rappelions pas ici le procédé dont Wollaston s'est servi pour arriver à ce résultat.

« J'ai rivé ensemble, dit ce physicien, deux lames « minces de platine et de palladium, et ayant trouvé que « cette lame composée devenait concave du côté du pla- « tine lorsqu'on la chauffait, il était évident que la dila- « tation du palladium était la plus grande des deux. Par « une comparaison semblable, je reconnus que le palla- « dium se dilate considérablement moins que l'acier ; « en sorte que si l'expansion du platine est 0,00099 pen- « dant que celle de l'acier = 0,0012, la dilatation du « palladium différera peu de 0,0010. »

Dilatation des Liquides entre 0° *et* 100°. (en volume).

Acide muriatique......	0,0600 = $\frac{1}{17}$	Dalton.
Acide nitrique........	0,1100 = $\frac{1}{9}$	*idem.*
Acide sulfurique.......	0,0600 = $\frac{1}{17}$	*idem.*
Alcool..............	0,1100 = $\frac{1}{9}$	*idem.*
Eau................	0,0466 = $\frac{1}{22}$	*idem.*
Eau (saturée de sel marin)	0,0500 = $\frac{1}{20}$	*idem.*
Ether...............	0,0700 = $\frac{1}{14}$	*idem.*
Huiles fixes..........	0,0800 = $\frac{1}{12}$	*idem.*
Huile de térébenthine...	0,0700 = $\frac{1}{14}$	*idem.*
Mercure.............	0,0200 = $\frac{1}{50}$	*idem.*
Mercure.............	0,01872 = $\frac{1}{53}$	lord Ch. Cavendish.

La poterie brune ne se dilate en volume, pour 100° centigrades, que de 0,0012 = $\frac{1}{800}$; et suivant Wedgwood, lorsqu'on la rend poreuse avec du charbon, son expansibilité est encore trois fois moindre.

Le bois desséché se dilate, dans le sens des fibres, beaucoup moins que le verre (Rittenhouse).

Roy trouve que le sapin se dilate précisément comme le verre.

La dilatation des solides, entre 0° et 100°, est presque exactement proportionnelle à la température : les liquides s'éloignent beaucoup de cette loi. Le docteur Thomas Young a reconnu que la dilatation de l'eau et celle de l'alcool peuvent être représentées par une formule de cette forme $At^2 + Bt^3$.

Nous donnons ci-après la table détaillée de ces dilatations pour l'eau, telle que ce savant l'a insérée dans le Tome II de son traité de *Natural Philosophy*, p. 392 ; mais, pour plus de commodité, nous l'avons ramenée, par interpolation, aux degrés du thermomètre centigrade. Les dilatations calculées ont été déduites de la formule $0{,}000007128t^2 - 0{,}00000002536 9t^3$, qui est une simple transformation de celle dont M. Young s'est servi, t représentant le nombre de degrés du thermomètre de part et d'autre de 3°,89, qui correspond au *maximum* de densité.

En employant exclusivement les expériences que Deluc a faites avec des thermomètres d'eau, le coefficient du terme en t^3 dans la formule serait plus petit, et la dilatation approcherait davantage d'être proportionnelle au carré de la température.

TABLE

De la Dilatation de l'Eau.

DEGRÉS du thermomètre centésimal.	DILATATIONS observées.	DILATATIONS calculées.
— 12°..........	0,00185 Dalton..	0,00190.
— 1°..........	0,00019 Gilpin..	0,00017.
0°..........	0,00012 G......	0,00011.
+ 1°..........	0,00006 G......	0,00006.
+ 2°..........	0,00003 G......	0,00003.
+ 3°,89 *maxim.*	0,00000 G......	0,00000.
+ 5°..........	0,00001 G......	0,00001.
+ 6°..........	0,00003 G......	0,00003.
+ 7°..........	0,00007 G......	0,00007.
+ 8°..........	0,00013 G......	0,00012.
+ 9°..........	0,00020 G......	0,00019.
+ 10°..........	0,00027 G......	0,00026.
+ 11°..........	0,00037 G......	0,00036.
+ 12°..........	0,00047 G......	0,00046.
+ 13°..........	0,00059 G......	0,00057.
+ 14°..........	0,00072 G......	0,00070.
+ 15°..........	0,00086 G......	0,00085.
+ 16°..........	0,00103 G......	0,00100.
+ 17°..........	0,00120 G......	0,00117.
+ 18°..........	0,00137 G......	0,00135.
+ 19°..........	0,00157 G......	0,00154.
+ 20°..........	0,00176 G......	0,00174.
+ 21°..........	0,00198 G......	0,00196.
+ 22°..........	0,00218 G......	0,00219.

Suite de la Table de la dilatation de l'Eau.

DEGRÉS du thermomètre centésimal.	DILATATIONS observées.	DILATATIONS calculées.
+ 23°..........	0,00243 G......	0,00243.
+ 24°..........	0,00268 G......	0,00268.
+ 25°..........	0,00292 G......	0,00294.
+ 26°..........	0,00318 G......	0,00321.
+ 27°..........	0,00346 G......	0,00349.
+ 28°..........	0,00374 G......	0,00378.
+ 29°..........	0,00402 G......	0,00409.
+ 30°..........	0,00420 G......	0,00441.
+ 35°..........	0,00598 G......	0,00613.
+ 40°..........	0,00809 Kirwan..	0,00810.
+ 45°..........	0,01012 K......	0,01026.
+ 50°..........	0,01258 K......	0,01264.
+ 55°..........	0,01517 K......	0,01523.
+ 60°..........	0,01776 K......	0,01796.
+ 65°..........	0,02060 K......	0,02083.
+ 70°..........	0,02352 K......	0,02382.
+ 75°..........	0,02661 K......	0,02692.
+ 80°..........	0,02983 K......	0,03010.
+ 85°..........	0,03319 K......	0,03336.
+ 90°..........	0,03683 K......	0,03664.
+ 95°..........	0,04043 K......	0,03988.
+100°..........	0,04333 K......	0,04332.

Dilatation des Fluides élastiques.

MM. Gay-Lussac et Dalton ont reconnu que l'air, et en général tous les fluides élastiques, se dilatent de la même manière, et proportionnellement à la température.

De 0° à 100° cette dilatation (en volume). = 0,375
Pour 1°........................... = 0,00375 = $\frac{1}{266,6}$

Si l'on compte la dilatation à partir d'un degré n au-dessus de zéro, le coefficient, au lieu d'être $\frac{1}{266,6}$ est égal à $\frac{1}{266,6+n}$; pour 10°, par exemple, il devient $\frac{1}{276,6}$.

Pour réduire le volume V d'un fluide élastique, de la température t à la température INFÉRIEURE $\overset{1}{t}$, il faudra le multiplier par $\frac{(266,6+\overset{1}{t})}{(226,6+t)}$, et ce facteur devient $\frac{(266,6)}{(266,6+t)}$ lorsqu'on veut ramener le volume à la température *zéro*.

Soit 1 le côté du cube qu'on choisit pour l'unité de volume; d la quantité dont ce côté se dilate par une augmentation de température. Le volume de ce cube, qui d'abord était exprimé par 1, le sera ensuite par $(1+d)^3 = 1 + 3d + 3d^2 + d^3$; mais d étant en général une quantité très-petite, on pourra sans inconvénient négliger les termes $3d^2$ et d^3, ce qui réduira le nouveau cube à $1 + 3d$, par où l'on voit que la dilatation en volume est triple à très-peu près de la dilatation linéaire : 0,00108, par exemple, étant la dilatation linéaire de l'acier pour 100° de température, 0,00324 sera la dilatation en volume.

On verrait, par un raisonnement semblable, que la dilatation en surface est $2d$, si d exprime la dilatation linéaire.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

JOURS.	9 heures du matin.			Midi.			3 heures du soir.			9 heures du soir.			Thermomètre.		État du ciel à midi.	Vents.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	770,92	+ 0,4		769,52	+ 1,5	73	768,74	+ 0,6		768,04	— 1,8		+ 1,5	— 2,2	Nuageux.	N. E.
2	764,25	— 3,6		762,89	— 1,5	73	761,96	— 1,2		761,21	— 1,8		— 1,2	— 4,2	Beau.	N. E.
3	761,54	— 4,0		761,16	— 0,6	85	761,32	0,0		764,38	— 0,5		0,0	— 5,7	Couvert.	O.
4	769,00	+ 0,7		768,97	+ 2,2	95	768,70	+ 1,5		768,75	— 1,8		+ 2,2	— 2,2	Demi-voilé.	N. O.
5	765,76	+ 2,7		764,70	+ 4,2	96	764,06	+ 4,1		764,14	+ 2,5		+ 4,2	+ 2,0	Couvert.	O.
6	761,63	+ 3,2		758,33	+ 5,0	95	755,68	+ 6,9		754,22	+ 4,7		+ 7,0	+ 3,1	Couvert, pluie.	S. O.
7	754,77	+ 4,4		755,84	+ 6,0	83	756,77	+ 5,7		758,52	+ 2,3		+ 6,0	+ 3,0	Nuageux.	N. O.
8	758,17	+ 3,2		755,68	+ 5,5	91	753,18	+ 6,0		750,79	+ 6,7		+ 7,5	+ 2,7	Couvert.	S. O.
9	747,60	+10,0		749,45	+ 9,9	93	750,59	+ 9,0		750,88	+ 6,5		+10,0	+ 6,5	Nuageux.	O.
10	746,79	+ 7,5		747,95	+ 8,1	90	749,13	+ 6,2		750,19	+ 6,3		+ 8,7	+ 5,5	Couvert, pluie.	O.
11	738,57	+11,0		738,54	+10,2	93	740,42	+ 9,6		741,71	+ 6,6		+11,9	+ 6,2	Couvert, pluie.	O.
12	749,39	+ 5,7		749,72	+ 6,6	77	749,64	+ 6,5		744,81	+ 5,6		+ 6,6	+ 4,7	Nuageux.	N. O.
13	735,93	+ 7,9		732,05	+ 9,7	95	730,93	+ 9,0		739,43	+ 1,7		+ 9,7	+ 1,7	Pluie.	S. O.
14	741,99	+ 2,0		742,71	+ 3,7	88	743,07	+ 3,7		745,78	+ 0,5		+ 3,7	— 0,5	Couvert.	S.
15	746,40	+ 2,5		744,55	+ 5,7	91	742,82	+ 4,7		741,76	+ 2,5		+ 5,7	+ 1,5	Nuageux.	S. E.
16	753,24	+ 3,4		755,49	+ 5,2	89	756,55	+ 5,2		756,80	+ 1,2		+ 5,2	+ 1,2	Nuages.	O. S. O.
17	750,04	+ 8,2		748,17	+10,0	93	750,16	+ 5,2		753,02			+10,0	+ 2,5	Pluie.	S.
18	757,01	+ 0,5		756,74	+ 2,2	88	755,42	+ 3,5		755,39	+ 1,2		+ 3,5	— 0,7	Couvert.	S. O.
19	754,36	— 1,0		753,99	+ 2,1	88	753,20	+ 2,0		752,07	+ 0,6		+ 2,0	— 1,2	Nuages.	S. E.
20	748,57	+ 1,1		747,72	+ 3,0	89	746,75	+ 2,7		745,74	0,0		+ 3,0	0,0	Nuageux.	S. E.
21	743,16	+ 2,2		742,48	+ 4,0	95	742,21	+ 4,0		743,01	+ 3,7		+ 3,8	+ 1,1	Couvert.	S.
22	745,08	+ 4,0		745,06	+ 6,7	95	744,80	+ 6,5		744,70	+ 4,2		— 6,7	+ 3,2	Couvert.	S.
23	744,75	+ 4,0		744,48	+ 6,0	92	742,82	+ 6,0		742,90	+ 2,7		+ 6,0	+ 2,7	Couvert.	S. E.
24	739,01	+ 3,7		737,59	+ 5,2	95	735,94	+ 5,0		736,00	+ 1,7		+ 5,2	+ 1,7	Couvert, pluie.	S. E.
25	734,63	+ 5,3		735,95	+ 6,7	91	736,25	+ 5,8		736,86	+ 2,2		+ 6,7	+ 2,5	Nuageux.	S. O.
26	740,02	+ 3,0		740,63	+ 6,7	94	741,47	+ 5,0		743,02	+ 3,0		+ 6,7	+ 1,2	Couvert.	S. O.
27	747,03	+ 2,7		747,72	+ 4,2	93	748,15	+ 3,4		750,56	+ 2,5		+ 4,2	+ 2,0	Couvert.	O.
28	756,93	+ 1,0		758,45	+ 1,1	66	759,93	+ 0,5		762,73	— 1,2		+ 1,1	— 1,2	Couvert.	N.
29	767,04	— 3,6		767,85	— 1,1	70	767,81	— 1,2		768,28	— 4,7		— 1,1	— 4,7	Beau.	N.
30	769,59	— 6,4		769,58	— 3,7	65	769,15	— 2,8		769,29	— 6,0		— 2,8	— 7,6	Beau.	E.
31	767,96	— 6,0		766,29	— 2,0	70	764,86	0,0		762,41	— 4,3		0,0	— 8,0	Beau.	E.
1	760,04	+ 2,4		759,45	+ 4,0	87	759,07	+ 4,0		758,11	+ 2,3		+ 4,6	— 0,8	Moyennes du 1 au 10.	
2	747,55	+ 4,1		746,97	+ 5,8	89	745,90	+ 5,2		747,62	+ 2,9		+ 6,1	+ 1,5	Moyennes du 11 au 20.	
3	750,48	+ 0,9		750,36	+ 3,1	84	750,39	+ 2,9		750,89	+ 0,4		+ 3,5	— 0,6	Moyennes du 21 au 31.	
	752,61	+ 2,4		752,19	+ 4,3	86	752,06	+ 4,0		752,16	+ 1,8		+ 4,7	+ 0,5	Moyennes du mois.	

ANNONCE.

Instruction sur la Police judiciaire de la Chimie, par M. W. H. G. Remer, docteur en médecine, professeur à l'université de Kœnisberg, membre de la commission de médecine pour la Prusse orientale, la Lithuanie, etc. 1 vol. *in*-8°.)

M. Guyton-Morveau a donné une analyse assez étendue de cet ouvrage. (Voyez *Annales de Chimie*, avril 1813, page 105.)

Une traduction, par MM. Bouillon-Lagrange et Vogel, est maintenant sous presse.

OUVRAGES NOUVEAUX

Qui paraissent chez Crochard, *Libraire, rue de l'École de Médecine*, n° 3.

Traité de Chimie élémentaire, théorique et pratique; par L. J. Thenard, membre de l'Institut, professeur de chimie au collége de France, à l'École polytechnique et à l'École normale, membre de plusieurs Sociétés savantes. 4 forts volumes *in*-8°, ornés de 32 planches.

Traité des Poisons tirés des règnes minéral, végétal et animal, ou *Toxicologie générale considérée sous les rapports de la physiologie, de la pathologie et de la médecine légale*; par M. Orfila, naturaliste pensionnaire d'Espagne, docteur-médecin de la Faculté de Paris, médecin ordinaire du Roi, membre correspondant de l'Institut de France, professeur de chimie, de physique et de médecine légale. 4 vol. *in*-8°.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

Février 1816.

DESCRIPTION

D'un nouveau Baromètre portatif;

Par M. Gay-Lussac.

La nécessité d'avoir un baromètre d'un transport facile et d'une observation prompte, s'est tellement fait sentir depuis quelques années, que l'on a proposé, tant en France que dans les pays étrangers, et surtout en Angleterre, un nombre prodigieux de baromètres portatifs. Je n'ai point l'intention d'exposer ici leurs avantages et leurs inconvéniens; je dirai seulement qu'il en existe fort peu qui aient eu l'approbation des physiciens, et qui aient été généralement adoptés. Parmi ces derniers, on doit mettre au premier rang le baromètre de M. Fortin, qui se distingue par son exactitude, sa belle construction

J'ai supposé ici que le baromètre n'avait d'autre ouverture que le trou capillaire *E*; mais il est bien plus facile de régler le baromètre pendant qu'il est ouvert en *D*.

La *fig.* 3ᵉ représente le baromètre dans la même position que la fig. 2ᵉ, avec cette différence seulement que la branche *BFA* est supposée vide de mercure depuis *B* jusqu'en *G*; ce qui peut arriver en imprimant au baromètre des secousses violentes. Dans ce cas, l'instrument ne pourrait plus servir si le tube *CBGF* avait un diamètre aussi grand que le tube *AF*, parce qu'en renversant l'instrument, l'air contenu en *BG* monterait nécessairement dans sa partie supérieure; mais si le tube *CBGF* n'a au plus que 2 millimètres, comme je l'ai indiqué, la colonne *GF* de mercure ne pourra pas être divisée par l'air, et celui-ci sera expulsé par la chute du mercure lorsqu'on retournera le baromètre. Il arrivera même quelquefois que la colonne *GA* restera suspendue, quoique plus grande que la pression barométrique; mais en donnant une légère secousse à l'instrument de haut en bas, la colonne tombera aussitôt, et l'air contenu en *BG* sera chassé.

Il y a donc deux choses qui caractérisent le nouveau baromètre : 1° le petit trou capillaire *E*, qui laisse une libre circulation à l'air, et empêche cependant le mercure de sortir; 2° le tube *CBF*, d'un diamètre assez étroit pour que l'air ne puisse pas diviser la colonne de mercure, comme cela a lieu dans l'ingénieux baromètre conique d'Amontons.

En construisant ce baromètre, il faut que l'artiste ait l'attention de ne point porter d'huile dans la branche *BCD*, soit en la fermant en *D*, soit en faisant le petit

trou *E*. J'ai déjà dit que c'est l'huile, ou tout autre corps gras, qui est la cause de la poudre noire, ou de la *crasse* qui se forme dans les baromètres quand le mercure est d'ailleurs bien pur, et on ne saurait l'exclure avec trop de soin. J'ai fait faire plus de 500 lieues à mon baromètre; M. Descostils, dans un voyage en Italie, lui en a fait faire plus de 1200, et je puis affirmer que le mercure était aussi net que le premier jour, malgré les secousses continuelles auxquelles il a été exposé dans une chaise de poste.

Comme il est avantageux que les deux branches du baromètre aient le même diamètre, on doit commencer par choisir un tube de 9 à 10 décimètres de longueur (*fig.* 4e), aussi cylindrique que possible; et après l'avoir fermé en *A*, on le soude en *F* avec le tube presque capillaire *FBC*; et enfin, à l'extrémité de ce dernier, on soude le bout *C* du tube *CD*, et on a alors la disposition représentée par la *fig.* 5e. On voit aisément pourquoi l'axe du tube *AF* n'est pas dans le prolongement de celui du tube *FB* : c'est afin que le centre de gravité de l'instrument soit sur cet axe lorsque l'instrument sera suspendu librement en *A*, *fig.* 1re.

Pour faire le petit trou capillaire *E*, on prend le tube *CD*, *fig.* 6 et 7, tiré en pointe à ses deux extrémités, dont l'une est ouverte; et tout le tube étant froid, on ferme l'autre en la présentant au dard de la lampe à émailleur. Ensuite on dirige de loin ce même dard sur la partie du tube que l'on veut percer, et bientôt il s'y forme une petite ampoule que l'air dilaté du tube force à crever, et il se forme ainsi une ouverture très-petite qu'on diminue encore, s'il est nécessaire, en continuant à la

chauffer. On peut même, si l'on veut, enfoncer le verre avec une pointe métallique, de manière que le petit trou *E* se trouve sur le sommet du petit cône *Emn*, *fig.* 7e.

On fait bouillir le mercure dans ce baromètre jusqu'en *F*, *fig.* 5e, comme dans les baromètres ordinaires; mais pour le faire bouillir dans le tube *FBC*, on se servira d'un fil de fer *PC* pour faciliter le dégagement des bulles aériformes. On ne laissera ensuite de mercure que jusqu'en *G*, et on courbera le tube en *B*, comme le représentent les *fig.* 1re, 2e et 3e. On réglera le baromètre en versant un peu de mercure par l'orifice *O*, et on le fermera ensuite, à moins qu'on ne préfère le fermer avant de l'avoir courbé, et le régler comme je l'ai déjà indiqué.

Le transport de ce baromètre est très-facile, et il ne pourra se déranger si on a l'attention de le tenir renversé, comme l'indiquent les *fig.* 2e et 3e, ou au moins incliné sous un angle de 15 à 30 degrés. J'ai annoncé qu'il ne fallait pas plus d'une minute pour l'observer; et, en effet, il suffit de le retourner pour qu'il se prête immédiatement à l'observation.

On peut le monter de beaucoup de manières; par exemple, le mettre dans une canne fendue dans toute sa longueur, et qui s'ouvre à charnière, comme l'indique la *fig.* 8e; mais je préfère l'enfermer dans un tube creux de métal, fendu dans une partie de sa longueur, comme l'indique la *fig.* 9e, et recouvert par un autre tube qui peut glisser longitudinalement, ou tourner à léger frottement sur le premier. Si l'on adopte cette dernière construction, le tube extérieur doit aussi être fendu, pour laisser voir la colonne de mercure ou la cacher, suivant

que les fentes des deux tubes seront ou ne seront pas appliquées l'une sur l'autre.

On peut encore, si l'on veut avoir un instrument peu dispendieux, tracer les divisions sur le verre même, et enfermer le tube barométrique dans un tube de fer blanc qui s'ouvre à ses deux extrémités. Il n'est pas alors nécessaire de se servir d'un vernier, parce que les divisions étant près du mercure, on évite facilement l'effet de la parallaxe, et on peut avec un peu d'habitude évaluer à l'œil nu un huitième et même un dixième de millimètre, pourvu que l'on observe l'origine de la courbe du mercure. Enfin, si l'on voulait se conserver la facilité de nettoyer le tube *CD*, *fig.* 1re, dans la crainte que le mercure ne se ternisse à la longue, on pourrait se contenter de le fermer en *D* avec une peau ou avec un liége.

La manière de se servir du nouveau baromètre ne présente aucune difficulté; on observe la hauteur de la colonne inférieure et celle de la colonne supérieure, et on les retranche l'une de l'autre. Si les deux branches sont d'un égal diamètre, il suffira d'observer la hauteur de la colonne supérieure, et de doubler les variations apparentes pour avoir les variations réelles. Lors même que les deux branches n'auraient pas un égal diamètre, on pourrait encore se contenter d'une seule observation, pourvu que l'on connût les vraies différences de niveau de centimètre en centimètre, parce que dans l'intervalle on pourrait regarder, sans erreur sensible, les deux branches comme ayant le même diamètre. Cet avantage, commun à tous les baromètres à syphon, est très-précieux pour les voyages géologiques; car on fait d'autant plus d'observations qu'elles sont plus faciles à faire.

Sur la nature des Prussiates triples, et sur les Acides formés par l'union de certains corps avec les élémens de l'Acide prussique.

Par M. Porrett.

(*Transactions philosophiques* pour l'an 1814.)

Extrait par M. Colin.

M. Porrett a divisé son Mémoire en deux parties : dans l'une, il se propose de démontrer que l'acide des prussiates triples est un acide particulier dont l'acide prussique est un des élémens; dans l'autre il fait connaître un acide composé de soufre et des élémens de l'acide prussique, et il y traite des sels que donne ce nouvel acide. C'est le même ordre de preuves dont il se sert dans l'un et l'autre cas.

Pour établir son opinion relativement aux prussiates triples, l'auteur rappelle qu'il existe une différence remarquable entre les prussiates simples, c'est-à-dire les sels qui résultent de l'union directe de l'acide prussique avec les alcalis et les autres bases, et ceux que l'on obtient en ajoutant à ceux-ci une certaine quantité d'un oxide métallique, ou en décomposant un prussiate métallique au moyen des alcalis. Ainsi, par exemple, le prussiate simple de potasse est toujours alcalin; il est soluble dans l'alcool; il est incapable de former le bleu de Prusse quand il est ajouté aux dissolutions de peroxide de fer; il donne un précipité jaune avec les sels de cuivre au *maximum*; il est décomposé à la température de

l'eau bouillante, et son acide est déplacé par l'acide carbonique. Au contraire, le prussiate triple de potasse est neutre; il est insoluble dans l'alcool; il forme du bleu de Prusse avec les sels de fer peroxidé; il donne un précipité d'un rouge brun avec les sels de cuivre au *maximum;* il n'est pas décomposé à la température de l'ébullition, ni enfin altéré par l'acide carbonique. Les chimistes ont attribué à l'oxide noir de fer contenu dans ce sel la permanence et la neutralité qui sont refusées au prussiate simple. « Ce dernier fait, dit M. Porrett, est « sans exemple en chimie, et ce n'est pas la seule ano- « malie que présentent les prussiates triples. En effet, « l'oxide de fer qu'ils contiennent ne peut en être « précipité par les hydro-sulfures, les succinates, les « gallates, ou les autres réactifs qui attestent la pré- « sence du fer; comme aussi il accompagne toujours « l'acide prussique quand ce dernier est transféré par « une affinité plus forte d'une base à une autre. » Et plus bas : « En conséquence, je considère les sels ap- « pelés prussiates triples comme une combinaison bi- « naire formée d'un acide et d'une seule base; comme « des sels qui ne contiennent ni acide prussique, ni oxide « de fer comme base, quoique l'une et l'autre de ces « substances puissent en être retirées par la décomposi- « tion de leur acide.

« La première expérience que je citerai à l'appui de « cette opinion a été faite au moyen de la pile voltaïque. « Il m'a paru que cet instrument ferait connaître si « l'oxide de fer existait dans les prussiates triples comme « une base, ou s'il y était comme un élément particulier : « son attraction devant se manifester pour le pôle négatif

« dans le premier cas, et pour le pôle positif dans le
« second. J'ai donc exposé, pendant vingt heures, une
« solution des prussiates triples de soude à l'action d'une
« pile de 50 paires de doubles plaques carrées d'un pouce
« et un quart de côté; la solution communiquait par un
« fil de platine au pôle négatif, et par des filamens de
« coton mouillés d'eau distillée, avec le pôle positif.
« Dans ces circonstances, le prussiate triple de soude
« a été décomposé, son acide (consistant dans les élé-
« mens de l'acide prussique et de l'oxide noir de fer) a
« été charrié au côté positif : là, il a subi en outre un
« changement, parce qu'en se mêlant à l'oxigène pro-
« venant de la décomposition de l'eau, il a été converti
« en acide prussique qui s'est en partie volatilisé, et en
« prussiate bleu de soude et de fer qui s'est formé en
« abondance. Au pôle négatif, le liquide, après cette
« expérience, contenait seulement de la soude, avec une
« trace de prussiate triple indécomposé. Dans cette opé-
« ration, je considère la circonstance de l'oxide noir de
« fer qui a été charrié au pôle positif, comme une preuve
« qu'il agit comme un des élémens de l'acide, parce
« qu'une base eût demeuré an pôle négatif. »

L'expérience ayant été répétée en substituant des fils de cuivre à ceux de platine, il y a eu seulement cette différence, que le prussiate triple de cuivre et de fer, d'une couleur rouge brune, s'est formé à la place du prussiate triple de fer dont la couleur est bleue.

L'auteur ayant dissous dans l'eau chaude du prussiate triple de baryte, lequel en a exigé 1800 fois son poids, il a partagé la dissolution en deux parties égales. La première a été saturée par l'acide sulfurique, et il a

connu par là la quantité d'acide exactement nécessaire à la décomposition de la seconde partie : cette quantité représentait environ 2,53 grains d'acide réel pour environ 10 grains du sel employé. On a mis la deuxième partie de la dissolution dans une bouteille, en y laissant seulement la place nécessaire pour contenir l'acide qu'on y devait ajouter ; et quand cet acide y a été introduit dans la quantité préalablement déterminée, la bouteille a été bouchée immédiatement, et l'on a laissé le sulfate de baryte se précipiter au fond du vase. Quand il a eu pris sa place, le liquide surnageant a été examiné, et il s'est trouvé l'acide pur des prussiates triples. Ses caractères sont les suivans :

Il a la couleur jaune pâle du citron ; il est sans odeur ; une chaleur modérée ou une forte lumière le décompose, et il se forme de l'acide prussique et du prussiate triple de fer, qui, en absorbant rapidement l'oxigène de l'air, se change en bleu de Prusse. A froid, cet acide déplace l'acide acétique de toutes ses combinaisons, et forme des prussiates triples avec les bases qui étaient auparavant unies à l'acide acétique. Il est capable d'expulser tous les autres acides de leurs sels solubles, lorsqu'il peut former avec leurs bases des composés qui sont insolubles dans les acides. Sa décomposition par la chaleur explique pourquoi on ne l'obtient pas en distillant ses sels avec un acide plus fort.

D'après tous ces caractères, il n'est donc pas étonnant qu'il puisse neutraliser les alcalis, tandis que l'acide prussique ne peut le faire ; ni que l'oxide de fer pur le suive dans toutes ses combinaisons, puisque cet oxide en fait une partie intégrante.

Selon M. Porrett, non-seulement l'oxide de fer, mais encore d'autres substances sont capables de former avec les élémens de l'acide prussique des acides particuliers, ayant des propriétés totalement différentes les unes des autres.

Le soufre est une de ces substances, et l'auteur présume que quelques oxides métalliques sont aussi dans ce cas.

En conséquence, et pour éviter la confusion de langage qui résulte d'une dénomination commune à des acides aussi différens que l'acide prussique et ceux-ci, M. Porrett propose de leur donner les noms d'*acide chyazique ferruré*, *sulfuré*, *argenturé*, etc., selon que le nouvel acide sera composé des élémens de l'acide prussique réuni tour-à-tour à l'oxide de fer, au soufre, à l'oxide d'argent, etc. Pour le mot *chyazique*, il le forme des lettres initiales des mots *carbone*, *hydrogène* et *azote*, auxquelles il ajoute la terminaison *ique*. M. Porrett donne donc aux prussiates triples ordinaires le nom de *chyazates* ferrurés.

De l'Acide chyazique sulfuré.

L'auteur indique plusieurs moyens pour l'obtenir : celui qui m'a paru mériter la préférence consiste à faire bouillir légèrement une dissolution de prussiate de mercure avec du sulfure hydrogéné de potasse : la décomposition est instantanée, et il résulte un sel neutre dont on peut séparer par plusieurs moyens un acide particulier, composé, d'après M. Porrett, d'acide prussique et

de soufre, qu'il avait d'abord appelé, mais à tort, *acide prusseux*.

Le Mémoire qui nous occupe renferme un grand nombre d'essais infructueux tendant à former directement cet acide, et desquels il résulte : « 1° que cet acide « particulier ne peut être formé sans soufre; 2° qu'il « ne peut être formé avec le soufre si cette substance « n'est à l'état de soufre hydrogéné; 3° qu'il ne peut « être formé avec le soufre hydrogéné sans la présence « d'un alcali.

« Pour obtenir cet acide dans l'état de pureté au « moyen du liquide dans lequel il a été formé, il faut « porter cette liqueur clarifiée à un état acide décidé par « une addition d'acide sulfurique : alors on le tient pendant un peu de temps à un point voisin de l'ébullition, « et, quand il est froid, on le traite par un peu d'oxide « noir de manganèse en poudre fine qui le fait virer à « une couleur cramoisie de toute beauté, et on lui « ajoute une dissolution de sulfate de cuivre et de sul- « fate de fer vert, dans la proportion de deux parties du « premier sel sur trois du second, jusqu'à ce que la « couleur cramoisie disparaisse; alors il se forme un « précipité blanc abondant, qui est un sel de cuivre « insoluble composé du protoxide de ce métal combiné « avec l'acide *chyazique sulfuré*. Ce sel doit être alors « mis à bouillir avec une dissolution de potasse qui « s'empare de son acide, laissant l'oxide de cuivre comme « une poudre d'un jaune éclatant. L'acide transporté sur « la potasse peut être obtenu à l'état de liberté en mé- « langeant cette combinaison à l'acide sulfurique et en « distillant. Alors l'acide chyazique sulfuré passe à la

« distillation, vers la fin de cette expérience, sous la
« forme d'un liquide très-âcre; cependant il n'est pas
« encore parfaitement pur; il peut contenir un peu de
« soufre et d'acide sulfurique; le meilleur mode de sé-
« paration pour lui enlever ces deux corps consiste à
« ajouter du carbonate de baryte jusqu'à ce que l'acide
« en soit saturé, et à précipiter ensuite la baryte par
« une addition soignée d'acide sulfurique. L'acide *chya-*
« *zique sulfuré* est alors obtenu à l'état de pureté par-
« faite. Dans cet état, il est généralement sans couleur;
« mais il acquiert une couleur d'*œillet* qui est due, je
« crois, à un commencement d'oxidation. Au plus haut
« point de concentration où j'ai pu l'obtenir, il a une
« pesanteur spécifique de 1,022, et une odeur comme
« piquante et un peu ressemblante à celle d'un fort
« acide acétique; à la température de l'ébullition de
« l'eau, il exerce sur le soufre une légère action dissol-
« vante, quand ce dernier lui a été présenté dans un état
« de grande division; mais l'excès de soufre qu'il a dis-
« sous est séparé d'ailleurs par le refroidissement; ce
« qui en reste alors, et qui est étranger à la composition
« de l'acide, peut être décelé par le nitrate d'argent ou
« celui de protoxide de mercure, qui forment avec l'acide
« dans son état de pureté des précipités blancs et per-
« sistans; car ces précipités ont une couleur un peu moins
« claire lorsque l'acide *chyazique sulfuré* contient du
« soufre en dissolution.

« Lorsque cet acide est distillé, une portion de soufre
« demeure attachée à la cornue, et l'acide qui passe
« dans le récipient en contient un peu en dissolution;
« en même temps une portion d'acide disparaît, en sorte

« qu'il serait possible de le détruire en entier par des « distillations répétées. »

M. Porrett n'a pas cherché à déterminer la nature du produit qui résulte des distillations répétées; mais il s'est assuré qu'il ne contenait pas d'acide prussique, et que le soufre qui en était séparé n'était point hydrogéné, mais dans son état ordinaire.

Cet acide, traité à chaud par le nitrate de plomb avec un grand excès d'acide, a donné du gaz nitreux et beaucoup de sulfate de plomb.

Cinq grains du sel blanc de cuivre dont nous avons fait mention ont été complètement décomposés par de l'acide nitrique contenant du muriate de baryte en dissolution, et il y a eu formation de 8,86 grains de sulfate de baryte représentant 1,20 grain de soufre, provenant de 1,84 grain du nouvel acide sec contenu dans les 5 grains de sel de cuivre.

L'acide chyazique sulfuré ayant été chauffé avec de la malachite en poudre, l'acide carbonique de la malachite s'est dégagé constamment avec de l'acide prussique; il s'est formé du *chyazate sulfuré* blanc de cuivre, et de l'acide sulfurique que l'on a trouvé dans la liqueur.

Un mélange d'acide muriatique et d'hyperoximuriate de potasse ayant été chauffé légèrement avec le nouvel acide, jusqu'à ce que l'action se fût manifestée, on l'a retiré du feu pour la modérer : il y a eu formation d'acide sulfurique, formation d'acide prussique, qui s'est en partie dégagé, et qui est resté en partie dans la dissolution.

L'acide chyazique sulfuré étant électrisé négativement dans le circuit voltaïque, et communiquant par des fils de coton avec de l'eau distillée, électrisée positivement,

l'acide a été charrié au côté positif sans aucune décomposition ou séparation de soufre.

L'expérience étant répétée avec de l'acide combiné à la potasse, le résultat a été le même.

D'où il suit : 1°. Que cet acide contient du soufre;

« 2°. Que le soufre constitue les $\frac{2}{3}$ du poids de cet « acide sec ;

« 3°. Qu'il y existe non comme un corps étranger, « mais comme un élément ;

« 4°. Que, lorsque le soufre y est acidifié (par une « cause quelconque), les autres principes constituans de « l'acide *chyazique sulfuré* se réunissent sous la forme « d'acide prussique, et qu'avant la décomposition ils « consistaient dans les élémens même de cet acide. »

Chyazates sulfurés.

Celui de potasse est un sel déliquescent, soluble dans l'alcool.

Celui de soude cristallise en rhombes.

Celui de chaux est soluble dans l'alcool ; en le séparant de ce dissolvant, il peut être obtenu sous la forme d'une masse de cristaux aiguillés.

Celui d'ammoniaque n'est pas cristallisable.

Celui de magnésie, quand il est sec, a une apparence micacée.

Celui d'alumine cristallise en octaèdres qui ne sont pas déliquescens.

Celui de baryte est un sel déliquescent, cristallisant en longs prismes déliés, d'nn blanc brillant.

Celui de strontiane est un sel déliquescent, cristalli-

sant en longs prismes déliés, en groupes radiés, comme la zéolite.

Celui d'oxide d'argent est une poudre blanche insoluble.

Celui de protoxide de mercure est encore une poudre blanche insoluble.

Celui de potasse et prussiate de mercure est remarquable par son lustre d'un brillant argentin, et par sa nature très-composée; car les quatre principes mentionnés dans son nom entrent dans sa composition. Il a peu de solubilité dans l'eau froide; mais il est très-soluble dans l'eau chaude, de laquelle il peut être obtenu en cristaux par le refroidissement.

Celui de protoxide de cuivre est une poudre blanche insoluble dans l'eau et dans la plupart des acides, décomposable par les alcalis ou par sa distillation avec le muriate d'ammoniaque, ainsi que par son mélange avec le nitrate de peroxide de fer. Quand il est mêlé avec cinq fois son poids d'hyperoximuriate de potasse, il détonne par la chaleur, le frottement, le contact de l'acide sulfurique, ou par l'étincelle électrique. Cette explosion est très-forte s'il a été placé dans un espace limité, comme dans des tubes.

Le chyazate sulfuré de peroxide de cuivre se prépare très-bien en ajoutant le chyazate sulfuré de soude au sulfate de cuivre, en les prenant l'un et l'autre dans l'état de pureté; il est alors sous la forme d'un liquide d'un vert-pois éclatant, lequel, par l'addition d'une substance désoxidante, telle que l'acide sulfureux, les sulfites alcalins, ou les sels de protoxide d'étain ou de fer, est changé immédiatement en chyazate sulfuré de protoxide de cuivre,

qui se précipite sous sa forme ordinaire, celle d'une poudre blanche.

Celui de plomb est un sel soluble. La forme de ses cristaux paraît être celle de rhombes obtus; dans une atmosphère humide, ces cristaux sont légèrement déliquescens.

Le chyazate sulfuré de protoxide de fer est un sel incolore, très-soluble.

Celui de peroxide de fer est un sel d'une couleur cramoisie de toute beauté, déliquescent, et ne pouvant être obtenu sous la forme solide qu'avec de grandes précautions, et par un procédé particulier, qui consiste à l'exposer dans un air desséché artificiellement.

Les chyazates sulfurés des oxides suivans paraissent être tous très-solubles, savoir : ceux d'étain, de bismuth, de manganèse, de zinc, de cobalt, de nickel, de palladium, d'urane, de molybdène et de chrôme.

Analyse du Chyazate sulfuré de protoxide de cuivre.

Le chyazate sulfuré de cuivre ne contient pas d'eau; car une chaleur de 217° c. ne diminue point son poids.

Dix grains de sulfate de cuivre ont été dissous dans l'eau avec environ 15 grains de sulfate vert de fer, puis décomposés par le chyazate sulfuré de magnésie; le produit était du chyazate sulfuré de protoxide de cuivre. Après avoir été lavé et séché à 100°, il pesait 4,58 grains; or, comme tout le cuivre contenu dans les 10 grains de sulfate entre dans la composition de 4,58 de chyazate sulfuré à l'état de protoxide, et que 10 grains de sulfate contiennent, selon Proust, 2,56 grains de cuivre, qui, estimé comme protoxide, est égal à 2,88, il suit que 4,58 de

chyazate sulfuré contiennent 2,88 de protoxide de cuivre, c'est-à-dire, 62,85 pour cent.

Cinq grains de chyazate sulfuré de protoxide de cuivre ont été décomposés par l'acide nitrique, et le nitrate résultant converti en muriate, dont on a précipité le cuivre à l'état métallique par le fer. Il pesait 2,82 grains qui, estimés comme protoxide, donnent 3,172 ou 63,44 pour cent. En conséquence, les proportions de ce sel sont les suivantes :

			Moyenne des deux analyses.
Acide chyazique sulfuré.	37,15	36,56	36,855
Protoxide de cuivre. . . .	62,85	63,44	63,145
	100,00	100,00	100,000

Analyse du Chyazate sulfuré de baryte.

Chauffé de 100 à 200°, ce sel ne perd pas de son poids : 10 grains de ce même sel bien desséché, dissous dans l'eau et décomposés par l'acide sulfurique, ont donné 10,5 de sulfate de baryte calciné, qui, d'après Berzelius, renferme 6,93 de baryte.

Autres 10 grains dans le même état, dissous dans l'eau et décomposés par le muriate de protoxide de cuivre, ont produit 8 grains de chyazate sulfuré de protoxide de cuivre, qui contiennent, d'après l'analyse de ce sel, 2,95 grains d'acide.

Le chyazate sulfuré de baryte, parfaitement desséché à 100°, est donc composé comme il suit :

			Moyenne.
Acide chyazique sulfuré.	30,7	29,5	30,1
Baryte.	69,3	70,5	69,9
	100,0	100,0	100,0

Les chyazates sulfurés solubles sont d'excellens réactifs, non-seulement pour indiquer la présence de l'oxide de cuivre dans une dissolution, mais aussi pour faire connaître sa quantité avec une grande exactitude, parce qu'ils précipitent le moindre atome de cet oxide de ses dissolutions à l'état d'un sel insoluble dont la composition est connue.

Nouvelles Recherches de M. Porrett *sur la constitution de l'Acide prussique, de l'Acide chyazique ferruré, de l'Acide chyazique sulfuré, et sur celle de leurs Sels, etc.* (Transact. phil., p. 220; 1815.)

Extrait par M. Colin.

Ce Mémoire contient deux analyses et deux tables. L'une de ces analyses est celle du prussiate de mercure, auquel M. Porrett assigne les proportions suivantes :

Prussiate. 100 grains = { 13,8 acide prussique. 86,2 oxide rouge de mercure.

Il détermine l'oxide rouge, par estime, d'après la quantité de sulfure noir de mercure qu'il obtient, en précipitant une quantité déterminée de prussiate de mercure par l'hydro-sulfure de potasse ; mais comme il s'échappe en même temps beaucoup d'acide prussique, M. Porrett est obligé de convertir l'acide prussique en acide chyazique sulfuré pour en estimer la quantité. Pour cela, il ajoute à la dissolution du prussiate, de l'hydro-sulfure de soude, jusqu'à ce qu'il n'y produise plus de précipité noir. Alors il convertit son chyazate sulfuré de soude en un proto-chyazate sulfuré de cuivre qui est inso-

luble, et dont il a fait avec soin l'analyse dans son précédent Mémoire.

La seconde analyse est celle de l'acide prussique, qu'il ne tente point par les moyens eudiométriques, à cause des incertitudes qu'il croit devoir résulter du mélange d'une vapeur avec du gaz, et de l'instabilité de la vapeur, qui, par de légères variations dans la pression et la température, peut aisément changer d'état. Il se décide donc pour la méthode inventée par MM. Gay-Lussac et Thénard, à laquelle il fait quelques modifications, tant dans le corps oxigéné qu'il emploie, que dans l'appareil. Voici comment il s'y prend :

Il mêle au prussiate de mercure une quantité d'oxide rouge de ce métal capable d'opérer la combustion complète de l'hydrogène et du carbone de l'acide prussique contenu dans ce sel, et il trouve que cette quantité est égale à six fois celle de l'oxide rouge engagé dans la combinaison. En employant une moindre quantité de cet oxide, il a trouvé qu'il existait toujours dans les produits gazeux une portion d'acide prussique non décomposé, et le parallèle qu'il établit entre ces dernières expériences donne lieu à la première des tables dont j'ai parlé.

Pour effectuer cette combustion, M. Porrett, après avoir exactement mêlé dans un mortier d'agate une partie de prussiate de mercure avec 5 d'oxide rouge de ce métal, prend un tube de verre de $4 \frac{1}{2}$ pouces de longueur, assez épais et gros comme une plume à écrire ordinaire. Ce tube est fermé par un de ses bouts, et courbé à un pouce de l'autre, de manière à faire un angle droit avec le reste. A cette espèce de cornue il adapte un second tube qui lui est égal en tout, si ce n'est qu'il est ouvert à ses deux

extrémités. Enfin il enfonce ce deuxième tube, par sa plus longue branche, dans un tube gradué d'environ 2 ½ pouces de capacité, destiné à recevoir les gaz.

Il charge la petite cornue avec le mélange, au moyen d'un petit entonnoir de papier, fixé par de la cire à cacheter sur l'ouverture du tube; il introduit alors sa charge par trois portions égales, qu'il sépare les unes des autres au moyen d'un peu de verre vert, grossièrement pulvérisé; cela fait, la charge entière occupe environ 2 ½ pouces du tube. Après son introduction, il ramollit la cire au moyen de la chaleur, et il détache l'entonnoir. Il remplit alors de mercure le tube gradué pour y recueillir les gaz, et sans le sortir de la cuve, il y introduit, par sa plus longue branche, le tube qui sert d'allonge, après en avoir préalablement chassé l'air; dans cet état, l'extrémité fermée du tube gradué est peu élevée au-dessus de la surface du mercure, c'est-à-dire que sa position est voisine de l'horizontale. Cela fait, il assemble l'allonge et la cornue par leurs plus courtes branches, au moyen d'un tube de caoutchouc, qu'il lie solidement à l'une et à l'autre. La cornue étant ainsi disposée, sa plus longue branche se trouve très-légèrement inclinée par rapport au plan horizontal, et conséquemment par rapport à celui d'une table qui porte une lampe à esprit-de-vin : ensuite il chauffe la partie vide de la cornue, puis il fait détonner successivement les trois couches de mélange. Quand l'appareil est refroidi, il sépare la cornue de l'allonge, et il retourne celle-ci dans le mercure, de manière à faire passer dans le tube gradué le gaz qu'elle peut encore retenir. Alors il mesure le volume des gaz, il y fait les corrections relatives à la pression et à la température, et il en déduit l'air

atmosphérique contenu, avant l'expérience, dans le vide de la cornue, et qui excède rarement le trentième d'un pouce cube; il traite alors par la potasse le mélange gazeux, et il connaît, par l'absorption qui en résulte, la quantité d'acide carbonique formé par la combustion. Il ne trouve d'ailleurs, dans la potasse employée, aucune trace d'acide prussique, et le résidu, traité par les divers réactifs, se comporte comme de l'azote. En conséquence, M. Porrett trouve que 0,3442 grains d'acide prussique contiennent, savoir :

Carbone... 0,1198 contenus dans 0,4389 d'acide carbonique.
Azote..... 0,1401 calculé d'après le volume du résidu.
Hydrogène. 0,0843 contenus dans 0,7230 d'eau.

D'où 100 grains d'acide prussique contiennent :

Carbone...	34,8
Azote.....	40,7
Hydrogène.	24,5
	100,0

M. Porrett trouve en outre que, dans toutes ses expériences, le volume de l'azote est exactement égal à celui de l'acide prussique décomposé; que celui de l'acide carbonique est invariablement double du volume de l'azote mis en liberté dans cette expérience; et qu'enfin l'acide carbonique produit s'élève seulement au tiers de l'oxigène consommé.

Cette analyse terminée, l'auteur du Mémoire donne, outre la table dont nous avons parlé, une deuxième table contenant la comparaison des résultats fournis par ses

expériences à ceux qu'il obtient par le calcul, d'après la théorie atomistique de Dalton, confirmée par Berzelius, et il trouve une concordance parfaite entre les uns et les autres.

MÉMOIRE

Sur l'Air inflammable des mines de charbon.

PAR M. HUMPHRY DAVY.

Lu à la Société royale des Sciences de Londres, le 9 novembre 1815.

Traduit par M. le comte CHAPTAL.

LES funestes accidens que produit l'air inflammable des mines mêlé à l'air atmosphérique, deviennent de jour en jour plus fréquens.

Un comité spécial a été formé pour rechercher la cause de ces accidens et les moyens de les prévenir, et c'est d'après les invitations du docteur Gray, l'un des membres les plus zélés de cette commission, que je me suis livré à ces recherches. J'ai parcouru le nord de l'Angleterre, et j'ai visité plusieurs des principales mines du pays de Newcastle pour mieux connaître l'état des ouvrages et celui de l'airage. J'ai trouvé dans les entrepreneurs et les inspecteurs des mines le plus grand désir de faciliter mes recherches; et je dois surtout de la reconnaissance à MM. Gray, Cuthbert-Ellison, John Hodgson, Buddle, Dunn, Fenwick, Clanny, etc.

Les informations que j'ai prises sur les lieux, et la

lecture d'un Mémoire de M. Buddle sur l'état des mines, m'ont convaincu qu'il n'y avait rien à perfectionner dans tout ce qui regarde l'airage, et que le moyen de prévenir les accidens se bornait à trouver le moyen d'éclairer les mines sans danger, et qui, en indiquant le moment où l'air inflammable est mêlé avec l'air atmosphérique dans une proportion capable de produire une explosion, déterminerait les mineurs à évacuer la mine jusqu'au moment où elle serait purifiée.

M. Clanny a fait connaître un appareil ingénieux pour entretenir la flamme dans les mines, en poussant de l'air atmosphérique à travers l'eau par le moyen de soufflets; mais je ne crois pas que cet appareil ait été essayé.

Un moyen ordinaire d'éclairer ces mines consiste à mouvoir rapidement une meule d'acier contre du silex ou pierre à fusil; les étincelles produites par ce mouvement procurent une lumière suffisante; mais cette méthode exige l'emploi d'un homme; et quoique ces étincelles soient moins propres à enflammer l'air que la flamme d'une chandelle, elles ne mettent pas cependant à l'abri de tout danger.

M. Buddle m'ayant fait connaître le degré de lumière qu'il fallait pour éclairer les mines, j'ai fait quelques expériences dans l'espérance de produire cette lumière avec les phosphores de Kunckel, de Canton et de Baudouin, de même qu'avec l'étincelle électrique dans des vaisseaux clos; mais les résultats ont été sans succès : et, ces moyens eussent-ils réussi, on ne pourrait pas les employer, attendu qu'ils seraient trop compliqués et trop difficiles pour des mineurs.

M. Henry a prouvé, dans un Mémoire qui a été inséré

dans le 19e volume du Journal de Nicholson, que l'air inflammable des mines était de l'hydrogène carburé, et M. Thompson a fait plusieurs expériences à ce sujet; mais le degré de sa combustibilité, comparé avec celui des autres gaz inflammables, n'a pas, à ce que je crois, été examiné, et les différentes espèces n'ont point été analysées. Il m'a paru que quelques expériences sur ses propriétés devaient précéder les recherches sur le moyen de prévenir son explosion; en conséquence, je me suis procuré plusieurs espèces de cet air inflammable, et j'ai tenté nombre d'expériences pour y parvenir. Dans l'examen des rapports de l'air inflammable avec la combustion, j'ai été assez heureux que de découvrir quelques propriétés qui paraissent conduire à la méthode la plus simple d'éclairer les mines sans danger pour les mineurs, et qui, j'espère, remplira le but que réclame l'humanité depuis long-temps. Je décrirai d'abord ces propriétés et la méthode qui en dérive, après quoi je conclurai par des observations générales.

Il se produit une petite quantité d'air inflammable dans les mines à mesure qu'on les travaille. M. Hodgson m'a dit qu'en pilant du charbon commun de Newcastle dans un tonneau à ouverture étroite, il avait observé que l'air qui s'échappait par l'orifice était inflammable; et je me suis assuré qu'en brisant sous l'eau de gros morceaux de charbon, il se dégageait de l'air inflammable. Il se dégage également du gaz inflammable lorsqu'on travaille les schistes bitumineux.

Cependant les grandes sources de l'air inflammable dans les mines proviennent de ce qu'on appelle les *souflures*, *cellules* (*blowers*), d'où sortent des courans d'air

inflammable qui, quelquefois, subsistent pendant plusieurs années. M. Louther a eu un de ces courans dans une de ses mines pendant deux ans et neuf mois. On trouve souvent les vieux ouvrages abandonnés remplis d'air inflammable.

J'ai analysé plusieurs espèces d'air inflammable, et j'ai trouvé que la partie inflammable était constamment de même nature, mais mêlée souvent avec un peu d'air atmosphérique, et quelquefois avec l'azote et l'acide carbonique.

De six espèces d'air inflammable recueillies par M. Dunn dans la mine d'*Hepburn*, la plus pure ne contenait qu'un quinzième d'air atmosphérique, et la plus impure cinq douzièmes : cet air provenait, selon toute apparence, de celui qui entourait la mine. Le poids de l'espèce la plus pure était de 19,5 grains par 100 pouces cubes. Une mesure de cet air exige, pour être brûlée par l'étincelle électrique, environ deux mesures d'oxigène; il résulte de cette combustion à peu près une mesure d'acide carbonique. Le soufre, chauffé fortement et plusieurs fois sublimé dans cet air privé de tout oxigène par le phosphore, augmente son volume, forme de l'hydrogène sulfuré et précipite du carbone; et il a été observé que le volume de l'hydrogène sulfuré qui est produit, absorbé par une solution de potasse, était double de celui de l'air inflammable décomposé. Cet air n'agit pas sur le chlore à froid; mais, en faisant passer l'étincelle électrique à travers un mélange d'une partie d'air inflammable et de deux de chlore, il y a explosion, avec diminution au moins d'un quart de volume, et précipitation de beaucoup de carbone.

L'analyse des espèces d'air inflammable, communiquée à mon ami George Children par M. Clanny, présente de semblables résultats ; mais elle y a montré des quantités variables d'acide carbonique et d'azote.

Différentes espèces de cet air, essayées avec le chlore à l'obscurité et à la lumière, n'ont donné aucun signe de la présence des gaz oléfians ni de l'hydrogène. Le résidu produit par la détonnation avec le chlore n'a produit aucune trace d'oxide de carbone.

Il est évident que l'air inflammable des mines est de la même nature que celui des marais, dont M. Dalton a fait connaître les principes, qui consistent, d'après la théorie des proportions définies, en quatre proportions d'hydrogène, et en une de carbone.

J'ai fait quelques expériences sur la combustibilité et la nature détonnante de l'air inflammable des mines : lorsqu'on mêle une partie d'air inflammable à 2 d'air atmosphérique, le mélange brûle à l'approche d'un corps embrasé, sans détonnation : 2 et même 3 parties d'air atmosphérique, mêlées à une d'air inflammable, produisent le même effet. Le mélange de 4 parties d'air atmosphérique et d'une d'air inflammable, formant un volume de 6 à 7 pouces cubes, et enfermé dans une bouteille à goulot étroit, s'enflamme à l'approche d'une chandelle allumée ; la flamme descend dans la bouteille sans bruit. Une partie d'air inflammable et 6 d'air atmosphérique, traitées de même, produisent un léger bruit par leur inflammation : une partie d'air inflammable et 8 d'air produisent un bruit plus fort. Le mélange d'une partie d'air inflammable et de 9, 10, 11, 12, 13 et 14 d'air atmosphérique, s'enflamme encore ; mais la détonnation est moins

violente. La chandelle brûle sans détonnation dans le mélange d'une partie d'air inflammable sur 15 d'air atmosphérique; mais la flamme s'élargit, et cet effet a lieu dans les mélanges intermédiaires entre ce dernier et celui d'une partie sur 30 : seulement l'agrandissement de la flamme diminue graduellement.

Le mélange qui possède au plus haut degré la vertu détonnante est celui de 7 ou 8 parties d'air atmosphérique sur une d'air inflammable des mines; mais l'explosion de 50 pouces cubes de ce mélange est moindre que celle que produit $\frac{1}{10}$ d'un mélange de 2 parties d'air atmosphérique et d'une de gaz hydrogène.

Il était très-important de déterminer le degré de chaleur convenable pour faire détonner l'air inflammable des mines, lorsqu'il est mêlé dans la proportion requise avec l'air atmosphérique.

J'ai observé qu'une faible étincelle électrique ne faisait point détonner 5 parties d'air et une de gaz; tandis que 6 parties d'air et une de gaz détonnaient; mais qu'une très-forte étincelle, produite par une décharge de la bouteille de Leyde, déterminait la détonnation des différens mélanges, tout comme la lumière d'un flambeau. Un charbon bien brûlé, ne donnant plus de flamme, chauffé au rouge intense, n'a fait détonner aucun mélange; on a soufflé sur ce charbon un mélange susceptible de détonner, sans produire aucune inflammation. Un fer chauffé au plus haut degré de chaleur rouge, et au degré ordinaire de chaleur blanche, n'a pas pu enflammer le mélange détonnant; mais lorsqu'il est en pleine combustion, il le fait détonner.

La flamme de l'oxide gazeux de carbone et celle du gaz oléfiant font détonner le mélange.

Eu égard à la combustibilité, l'air inflammable des mines diffère beaucoup des autres gaz inflammables. Le gaz oléfiant, mêlé avec l'air atmosphérique dans la même proportion, est brûlé par le fer et le charbon chauffés à un rouge faible. L'oxide gazeux de carbone, qui détonne avec 2 parties d'air, est également enflammé par le charbon et le fer chauffés au rouge. Le gaz hydrogène, qui détonne avec $\frac{3}{7}$ de son volume d'air, s'enflamme par le fer et le charbon chauffés à une faible chaleur, et il en est de même de l'hydrogène sulfuré.

J'ai voulu connaître le degré d'expansion que prennent les mélanges d'air inflammable et d'air pendant leur détonnation, et leur pouvoir de communiquer la flamme, à travers des ouvertures, à d'autres mélanges susceptibles de détonner, et j'ai trouvé que lorsqu'on faisait détonner sur l'eau, par une forte étincelle électrique, le mélange de 6 parties d'air et d'une d'air inflammable, l'explosion n'était pas très-forte, et qu'au moment de la plus grande expansion, le volume des gaz ne paraissait augmenté que de moitié. En faisant détonner une partie de gaz provenant de la distillation du charbon, et 8 parties d'air atmosphérique dans un tube d'un quart de pouce de diamètre et d'un pied de long, il a fallu plus d'une seconde avant que la flamme parvînt d'une extrémité du tube à l'autre. Je n'ai pas pu parvenir à faire détonner un mélange quelconque dans un tube de verre d'un septième de pouce de diamètre, quoiqu'en employant des gaz plus inflammables que celui des mines, tels que

le mélange de l'hydrogène carburé et du gaz oléfiant.

En faisant détonner des mélanges d'air inflammable et d'air dans une bouteille communiquant avec l'atmosphère par une ouverture d'un demi-pouce, et avec une vessie par un trou d'environ un sixième de pouce de diamètre, j'ai observé que la flamme qui passait dans l'atmosphère ne pénétrait pas dans la bouteille pour y enflammer le mélange; et en comparant le pouvoir des tubes de métal et ceux de verre, il m'a paru que la flamme passait plus rapidement à travers ceux de verre du même diamètre (1), et que les explosions ne pouvaient pas se propager à travers des tubes métalliques d'un cinquième de pouce sur un et demi de longueur. Ce phénomène dépend probablement de ce qu'il se perd de la chaleur par la détonnation, à raison de l'étendue des surfaces ambiantes, qui font descendre la température des premières parties qui détonnent au-dessous de celle qui est nécessaire pour enflammer le reste. Le métal est un meilleur conducteur de chaleur que le verre, et il a été déjà reconnu que l'air inflammable des mines exige une très-forte chaleur pour s'enflammer.

Le mélange du gaz avec l'air ne détonne point dans les canaux métalliques, lorsque leur diamètre est moindre qu'un septième de pouce, et leur longueur considérable en raison de leur diamètre. Les détonnations ne peuvent pas non plus se transmettre à travers de sem-

---

(1) M. Wollaston m'a observé que lui et M. Tennant avaient remarqué, depuis quelque temps, que les mélanges d'air et du gaz provenant de la distillation du charbon ne faisaient pas explosion dans de petits tubes.

blables canaux ; les détonnations ne peuvent pas non plus se propager à travers des cribles fins de fil métallique, ni à travers des toiles de même nature.

J'ai mêlé de l'azote et de l'acide carbonique à différentes proportions, avec des mélanges détonnans d'air inflammable, et j'ai vu que les plus légères proportions suffisaient pour ralentir l'inflammation. L'azote mêlé, dans la proportion d'une jusqu'à 6 parties, à un mélange de 12 d'air et d'une d'air inflammable, l'a privé de sa vertu détonnante. Lorsqu'une partie d'azote est mêlée avec 7 parties d'un mélange détonnant, on n'aperçoit qu'une légère flamme bleue à travers le mélange.

Il suffit d'une partie d'acide carbonique pour ôter à 7 parties d'un mélange détonnant la propriété de détonner; ses effets sont plus remarquables que ceux de l'azote, probablement par rapport à sa plus grande capacité pour la chaleur, et à son pouvoir conducteur lié à sa plus grande densité.

En conséquence de ces faits, j'ai adopté une forme de lampe dans laquelle la flamme, étant nourrie par une quantité bornée d'air, doit produire une quantité d'azote et d'acide carbonique capable de prévenir l'explosion de l'air inflammable, et qui, par la nature de ses ouvertures qui donnent entrée et issue à l'air, ne peut communiquer aucune explosion à l'air extérieur.

Lorsqu'on place une lampe allumée, garnie d'une petite mèche, dans une lanterne fermée, percée d'une ouverture à sa base et d'une autre au sommet, la flamme diminue graduellement jusqu'à ce qu'elle arrive au point où l'air suffit à la combustion d'une certaine quantité d'huile. Si l'on introduit un flambleau allumé par une

porte pratiquée dans les parois latérales, et qu'on aura soin de fermer aussitôt, les deux flammes brûleront pendant quelques secondes et s'éteindront en même temps.

On observe le même phénomène en faisant pénétrer graduellement de l'air inflammable avec de l'air atmosphérique dans une lanterne fermée, contenant une quantité d'air suffisante pour alimenter la flamme. Le gaz inflammable produit d'abord une flamme qui enveloppe celle de la lampe, et brûle l'oxigène nécessaire à la lampe. L'air n'étant plus suffisant alors pour servir à la combustion, puisqu'il est mêlé avec de l'air inflammable, la flamme du gaz hydrogène et celle du flambeau allumé s'éteignent ensemble; et comme cet air contient toujours alors une certaine quantité d'azote et d'acide carbonique, l'effet de ces gaz prévient, par son mélange, l'explosion dans la lanterne.

J'ai fait plusieurs expériences sur la combustion de la flamme dans des atmosphères mêlées de gaz inflammable. J'ai introduit un flambeau allumé dans une petite lanterne fermée, ayant un orifice étroit en dessous et un plus large au sommet, d'une dimension telle, que le flambeau brûla avec une flamme un peu au-dessus des dimensions ordinaires. Je plaçai cette lanterne sous un récipient demi-plongé dans l'eau, et surmonté d'un tube recourbé contenant un peu d'eau pour retenir l'air; sa capacité était telle, que la chandelle pût y brûler pendant quelques minutes. Ensuite je fis pénétrer rapidement sous le récipient une quantité d'air inflammable renfermé dans une vessie pour produire la détonnation. A mesure que le gaz inflammable se combinait avec l'air, la flamme de la chandelle augmenta jusqu'à remplir la moitié de la capacité

de la lanterne ; puis elle diminua rapidement, et s'éteignit sans aucune détonnation. J'essayai, après l'expérience, l'air du récipient, et je le trouvai fortement détonnant.

Je fis de semblables essais en introduisant dans la lanterne des mélanges d'air inflammable et d'air atmosphérique, les uns contenant le *maximum*, d'autres le *minimum* de gaz détonnant. La flamme augmenta d'abord considérablement ; mais elle s'éteignit bientôt.

Je plaçai sous un grand récipient rempli d'une partie d'air inflammable et de 10 parties d'air atmosphérique, une lanterne allumée, à laquelle l'air était fourni par deux tubes de verre de $\frac{1}{10}$ de pouce de diamètre : la flamme brûla d'abord faiblement ; elle augmenta ensuite et s'éteignit. Cette expérience, répétée à diverses reprises, me donna constamment les mêmes résultats.

Il est donc démontré que, pour empêcher les explosions dans les mines de houille, il suffit d'employer des lanternes où la combustion soit favorisée par des tubes d'un petit diamètre, et par des orifices couverts d'un tissu métallique placé au-dessus de la flamme, à travers lesquels la détonnation pourra se transmettre : cette lanterne devra être surmontée d'une cheminée construite sur le même principe, pour entraîner l'azote. On peut adapter à cet usage les lanternes ordinaires, en les garantissant de l'action de l'acte extérieur, et en y pratiquant des orifices de sûreté en dessous et en dessus.

Le principe étant connu, il est facile de multiplier ces applications dans la pratique.

La première lanterne de ce genre que je construisis était en fer-blanc, et garnie de quatre plaques de verre pour le passage de la lumière. L'air arrivait à la flamme

par plusieurs tubes métalliques d'un huitième de pouce de diamètre et de un pouce et demi de long. La cheminée, formée de deux cônes ouverts, ayant une base commune percée de plusieurs petits orifices, était placée au sommet de la lanterne, et l'huile était renfermée dans un réservoir circulaire à l'épreuve de l'air; les orifices supérieur et inférieur de la cheminée avaient un tiers de pouce de diamètre. La flamme de la lampe avait un pouce de haut et un demi-pouce de diamètre. Lorsqu'on déplaçait la lanterne avec précaution, la lampe continuait de brûler, quoique faiblement; mais elle s'éteignait dès qu'on l'agitait fortement. Pour remédier à cet inconvénient, j'entourai le fond de la lanterne d'un anneau percé de petits trous : ce moyen réussit. J'avais disposé pour le même appareil une seconde cheminée garnie de plusieurs tubes de fer-blanc, d'un sixième de pouce de diamètre et de deux pouces de long; mais elle diminuait considérablement le volume de la flamme, et la rendait susceptible de s'éteindre à la moindre agitation.

Les expériences suivantes prouvent que lorsque le diamètre de l'orifice supérieur de la cheminée n'est pas très-large, il est difficile que la détonnation produite par la flamme puisse l'atteindre.

J'introduisis dans la lanterne de sûreté, garnie de sa cheminée ordinaire, 15 parties d'air atmosphérique et une partie d'air inflammable. La flamme augmenta aussitôt considérablement, et celle de la mèche paraissait comme noyée dans la flamme plus volumineuse de l'air inflammable. Une chandelle allumée, placée sur le milieu de la cheminée, fut aussitôt éteinte, sans que la flamme eût acquis aucun accroissement préalable; j'observai

même que le lumignon de la mèche disparut sur-le-champ.

Un flambeau allumé fut introduit dans un vase clos, contenant 15 parties d'air atmosphérique et une de gaz hydrogène obtenu de la distillation de la houille ; je le laissai brûler, et j'analysai ensuite le gaz. Après avoir séparé l'acide carbonique, je remarquai, en le traitant par le gaz nitreux, qu'il avait conservé environ un tiers de son volume primitif d'oxigène ; mais je m'assurai, en le faisant détonner par un mélange de parties égales d'oxigène et d'hydrogène, qu'il ne contenait pas une partie sensible de gaz hydrogène carburé.

Il résulte de ce qui précède que si l'air se mêle graduellement dans la lanterne de sûreté avec le gaz inflammable, ce dernier sera consumé dans l'intérieur, et que l'air qui passe par la cheminée ne sera point détonnant.

Je fis une expérience directe à ce sujet. Ayant introduit dans la lanterne un mélange d'air atmosphérique et d'air inflammable renfermé dans une vessie munie d'un tube à large orifice, ouvrant au-dessus de la flamme, cette flamme augmenta de volume ; je produisis ensuite l'explosion en faisant pénétrer un jet rapide de gaz. Dans ce moment, il n'y avait pas même un courant d'air à travers les tubes de sûreté, et la flamme ne paraissait pas s'élever au-dessus de l'orifice inférieur de la cheminée ; je remarquai une odeur d'air corrompu après la détonnation.

J'ai construit une seconde lanterne sur les mêmes principes que la première, à la différence près qu'au lieu de tubes j'employai des *canaux de sûreté*, composés de plusieurs cylindres concentriques de différens diamètres placés l'un dans l'autre, de manière à former des canaux

circulaires d'un pouce $\frac{7}{10}$ de long, et depuis $\frac{1}{25}$ jusqu'à $\frac{1}{40}$ de pouce de large ; par ce moyen il s'introduit dans la lampe une plus grande quantité d'air qu'en se servant de petits tubes, et sa circulation est assez libre pour permettre d'adapter de semblables canaux à la cheminée.

Les lampes construites pour des lanternes de cette espèce sont placées à l'extérieur, et peuvent être garnies d'huile sans avoir le soin d'ouvrir la lanterne ; la cheminée est soudée au sommet, la lampe vissée à la base, et la mèche s'élève au-dessus des canaux à air.

J'ai aussi fait usage des lampes de verre à mèche simple, et de lampes d'Argand, construites sur le même principe ; la cheminée était de verre, surmontée d'un chapeau métallique renfermant les canaux de sûreté ; l'air arrivait directement à la flamme par les canaux circulaires.

La lampe ou lanterne de sûreté qui, à mon avis, est la plus simple, est fermée de toutes parts. L'air y pénètre et en sort par des orifices couverts de toile métallique en laiton, épaisse de $\frac{1}{260}$ de pouce, et dont les interstices ont $\frac{1}{120}$ de pouce ; cet intermédiaire arrête l'explosion, ainsi que de longs tubes ou des canaux, et favorise en outre la circulation de l'air.

Ayant ainsi complètement réussi dans la construction des lampes et lanternes de sûreté, qu'on peut adapter aux lanternes ordinaires qui répandent une lumière suffisante et supportent bien tous les mouvemens, je les ai soumises, chacune en particulier, à des épreuves répétées, en y faisant passer de l'air atmosphérique et de l'air inflammable mêlés en différentes proportions. La flamme, par son action naturelle, qui tend à favoriser le courant

d'air à travers les canaux, s'éteignait uniformément, et lorsqu'un mélange détonnant pénétrait dans le corps de la lampe, l'explosion était toujours arrêtée par les orifices de sûreté, qu'on pourrait appeler des *cribles pyrochimiques*, puisqu'ils séparent la flamme de l'air.

Ces résultats ne m'ayant point encore satisfait, je soumis à des épreuves plus rigoureuses les canaux et tubes de sûreté, ainsi que les cribles métalliques. J'en fis un moyen de communication entre un grand récipient de verre contenant un mélange fortement détonnant d'hydrogène carburé et d'air, et une vessie remplie aux deux tiers et à moitié du même mélange, l'un et l'autre isolés de l'atmosphère. Je fis détonner ce gaz par la décharge de la bouteille de Leyde, qui communiquait l'étincelle électrique au moyen de fils de fer passant à travers le bouchon du récipient. La vessie se gonflait toujours au moment de l'explosion, et se contractait ensuite rapidement. On remarquait une flamme légère dans l'intérieur du récipient, autour de l'orifice de sûreté : cependant le gaz renfermé dans la vessie ne détonna point. En faisant pénétrer une portion de ce gaz dans le récipient, de manière à remplacer l'air corrompu, et en l'enflammant par l'étincelle électrique, je produisis des détonnations répétées, ce qui prouve la parfaite sûreté des orifices, lors même qu'ils éprouvent l'action d'une détonnation bien plus forte que celle que pourrait opérer l'air inflammable des mines.

Ces expériences donnèrent toujours les mêmes résultats, quelle que fût la proportion du mélange détonnant et les dimensions du récipient de verre (celui que j'employai ne contenait pas plus d'un quart [pinte] de gaz).

Je fis usage de douze tubes de métal d'un septième de pouce de diamètre et de deux pouces et demi de long ; de canaux métalliques de $\frac{1}{25}$ de pouce de diamètre, un pouce $\frac{1}{7}$ de profondeur, et au moins de deux pouces de circonférence, ou bien de gaze métallique dont les interstices avaient $\frac{1}{120}$ de pouce. Je remarquai qu'un même nombre de tubes de métal du même diamètre, mais d'un pouce de longueur seulement, n'empêchait point la détonnation du gaz dans la vessie ; cependant quatre tubes de verre de $\frac{1}{16}$ de pouce de diamètre et de deux pouces de long ne la transmettaient point, tandis qu'elle se manifestait à travers un seul tube des mêmes diamètre et longueur. L'explosion fut arrêtée par un tube de $\frac{1}{4}$ de pouce de diamètre et de trois pouces de long, mais non lorsqu'il n'avait que deux pouces de longueur (1).

Il n'y avait point de détonnation à travers la gaze métallique de $\frac{1}{120}$, mais seulement lorsqu'elle avait un quart de pouce carré de surface. Le gaz inflammable renfermé dans la vessie, en passant à travers cette gaze pour remplacer le vide produit dans le récipient, brûlait pendant quelques secondes, avec un léger bruit, du côté du récipient.

Un canal circulaire de $\frac{1}{25}$ de pouce de largeur, d'un

---

(1) Ces résultats semblent d'abord être contraires à ceux mentionnés précédemment ; mais il faut considérer que les premières expériences ont été faites par des tubes communiquant à l'air extérieur, tandis que dans celles-ci les tubes étaient exposés à toute la force de la détonnation, ne communiquant qu'à un des vases clos remplis d'air inflammable.

pouce et demi de circonférence et d'un pouce $\frac{7}{10}$ de profondeur, transmettait la détonnation; mais cet effet ne se produisait pas en employant quatre canaux concentriques des mêmes profondeur et diamètre, dont le plus petit avait deux pouces de diamètre, et qui n'étaient séparés que par leurs parois de laiton, épaisses seulement de $\frac{1}{40}$ de pouce.

Il paraît donc que moins le canal a de circonférence, c'est-à-dire, plus il approche de la forme d'un tube, plus sa profondeur devra être considérable et moins il devra avoir de diamètre, ce qui le rendra parfaitement sûr.

La chaleur produite par les détonnations, répétées sur les orifices métalliques, n'apportera aucune différence dans le résultat des expériences. Cependant il est probable que, lorsque la température est très-élevée, la détonnation se transmet plus facilement à travers les orifices; mais la différence entre la température de la flamme et celle qu'indiquent les thermomètres à mercure est si grande, qu'une augmentation de chaleur de quelques degrés ne paraît pas diminuer sensiblement le pouvoir réfrigérant d'une surface métallique, eu égard à la flamme.

En diminuant le diamètre des canaux à air, ils perdent la faculté de transmettre la détonnation, à tel point que leur profondeur et circonférence peuvent être très-réduites. Je trouvai que la flamme ne passe pas à travers un canal de $\frac{1}{70}$ de pouce de diamètre et d'un quart de pouce de profondeur, formant un cylindre d'un quart de pouce de circonférence; des orifices de $\frac{1}{100}$ de pouce ont la même propriété lorsque leur profondeur est égale à leur diamètre. Il résulte de ces faits que les charnières et les

portes des lanternes peuvent être faites à l'épreuve de l'air, en appliquant contre elles des surfaces métalliques parallèles.

On pourrait se servir de canaux droits avec la même sûreté que des canaux circulaires ; et quelques pièces de fer-blanc, soudées ensemble et garnies de fil de fer pour régler le diamètre du canal, remplaceront les cheminées composées de tubes de laiton étirés.

Une chandelle brûle dans une lanterne ou dans un tube de verre garni d'un tissu métallique, aussi bien qu'à l'air libre; cependant je préfère les lampes à huile dans lesquelles la mèche conserve toujours la même hauteur.

La parfaite sécurité qu'offre le principe étant démontrée, on peut l'appliquer à toute espèce de lumière.

Lorsque l'air inflammable est mêlé avec l'air atmosphérique dans une proportion telle qu'il détonne, la lumière de la chandelle s'éteindra. Dans ce cas, on avertira les ouvriers de se retirer jusqu'à ce que cette partie de la galerie soit convenablement aérée.

Les ouvriers pourront s'éclairer avec un feu de charbon qui brûle sans flamme, ou avec les étincelles produites par le choc du silex contre une meule d'acier, lorsqu'ils seront obligés de travailler dans une partie de la mine où le gaz inflammable est susceptible de détonner; néanmoins, ce dernier moyen n'est pas aussi sûr que le premier.

Il paraît que, lorsque les explosions sont produites par les étincelles de la meule d'acier, l'air inflammable est dans une proportion requise pour brûler tout l'oxigène de l'air ; car ce n'est que dans ce cas que l'étincelle électrique fait détonner le gaz.

La mèche pouvant être élevée ou abaissée dans la lampe, sans aucune communication avec l'air extérieur, il n'y a aucun danger à la garnir; cependant on ne doit l'allumer que dans un endroit de la mine où il n'y a pas d'air inflammable. En usant de ces précautions très-simples, nombre d'ouvriers seront garantis des funestes effets de l'explosion du gaz hydrogène, produite par l'emploi des chandelles à l'air libre dans les mines. Lorsqu'on se sert de la lanterne de sûreté, la lumière est simplement éteinte, sans qu'il survienne aucun autre accident.

J'ai appris, par des mineurs, qu'on peut respirer sans danger un air mêlé d'une certaine portion de gaz inflammable, même lorsqu'il est détonnant. Je me suis assuré qu'un oiseau peut vivre dans un mélange de parties égales d'air atmosphérique et d'air inflammable; mais il ne tarde pas à manifester des symptômes de souffrance. Je trouvai qu'en respirant pendant quelques minutes un mélange détonnant de gaz inflammable et d'air atmosphérique, on éprouvait un léger mal de tête; et si l'on considère seulement la santé des ouvriers, on doit toujours tenir le gaz inflammable bien au-dessus du point où il est susceptible de détonner.

On a trouvé souvent, après une explosion, les ouvriers encore vivans dans les galeries : ceci s'explique aisément, parce que l'inflammation n'a jamais lieu que dans certains endroits, et qu'elle mêle à l'air restant beaucoup d'air atmosphérique. Supposons qu'on veuille faire détonner une partie d'air inflammable avec 13 d'air atmosphérique, le gaz restant conserve presque toujours un tiers d'oxigène. Je trouvai, par des expériences

faites il y a seize ans, qu'un animal peut vivre pendant un court espace de temps, quoique souffrant, dans du gaz contenant 100 parties d'azote, 14 d'acide carburique et 7 d'oxigène.

Explication des Figures.

La *figure* 1re représente la lanterne de sûreté pourvue de ses tubes à air, et de sa cheminée surmontée des canaux métalliques : elle soutient environ une pinte d'air. Ses parois sont de corne ou de verre, rendus impénétrables à l'air par du mastic. *A*, lampe à travers laquelle passent les canaux circulaires qui fournissent l'air nécessaire à la combustion : ils sont composés de trois cylindres creux concentriques, distans entre eux de $\frac{1}{26}$ de pouce; le plus petit a deux pouces et demi de circonférence; leur profondeur est de deux pouces. *B*, cheminée contenant quatre canaux semblables, dont le plus petit a deux pouces de circonférence : elle est surmontée d'un cylindre creux, garni d'un chapiteau pour prévenir l'introduction de la poussière. *C*, orifice pour l'introduction de l'huile. *D*, canal dans lequel passe un fil de fer qui sert à élever ou à baisser la mèche. *E*, tube qui établit la communication entre le réservoir à l'huile et l'endroit qu'occupe la mèche. *F*, anneau qui entoure la base de la lanterne pour la rendre susceptible d'être transportée.

Figure 2e est la lampe représentée *figure* 1re, de grandeur naturelle. Les mêmes lettres indiquent les mêmes objets.

Figure 3e. Cheminée ordinaire qu'on peut employer

dans la lanterne, quoique la cheminée de sûreté soit préférable.

La *figure* 4e représente les canaux de sûreté concentriques, ou *pyro-cribles*, qui, lorsqu'ils ont $\frac{1}{25}$ de pouce de diamètre, ne doivent pas avoir moins de deux pouces de circonférence extérieure, et un pouce $\frac{7}{10}$ de profondeur.

Figure 5e. Canaux de sûreté droits.

Figure 6e. Lampe de sûreté à cheminée de verre, surmontée des orifices de sûreté pratiqués dans un cylindre métallique : la partie inférieure est la même que dans la lanterne.

Figure 7e. Lampe d'Argand construite sur le même principe, munie de canaux à air autour de la flamme, et d'orifices à tissus métalliques.

Figure 8e. Chapiteau de cheminée en fer-blanc, garni de toiles métalliques.

Fig. 9e. Lampe de sûreté à gaze métallique. *AAA*, cribles. *BB*, fils de fer pour lever et baisser la mèche.

Figure 10e. Tube de verre garni de cribles en toile métallique, dans lequel on peut brûler une chandelle. *AA*, cribles de la flamme. *B*, petite plaque de métal pour empêcher l'action immédiate du courant d'air chaud sur le crible supérieur.

Plus la cheminée est élevée, et plus la flamme de la lampe sera brillante.

Il résulte de mes expériences qu'un orifice étroit, placé au-dessus de la cheminée, suffit pour empêcher que la détonnation ne traverse la lampe, en supposant que cela soit possible; mais les canaux de sûreté et la toile métallique sont préférables, et tellement supérieurs aux tubes dans l'application à la pratique, que je ne doute

pas que leur usage ne se répande généralement; c'est pourquoi je n'ai pas donné de dessin de la première lanterne de sûreté : c'est exactement la même que celle représentée *figure* 1re, en substituant les tubes aux canaux.

OBSERVATIONS

Sur les Combinaisons formées par l'iode et par le chlore.

PAR M. GAY-LUSSAC.

DANS mon Mémoire sur l'iode, j'ai fait voir que le chlore, l'iode et le soufre avaient entre eux beaucoup de rapports, et qu'avec l'azote, le phosphore et le carbone ils formaient une série continue dans laquelle l'affinité de chaque corps pour l'oxigène était en raison inverse de son affinité pour l'hydrogène. En établissant ces rapprochemens, j'ai eu pour objet de montrer que le chlore et l'oxigène ne formaient point une classe séparée, jouissant exclusivement de la propriété de former des acides; qu'ils la partageaient au contraire avec beaucoup d'autres corps, et que les substances salines formées par la combinaison du chlore ou de l'iode avec l'oxigène et les bases, étaient entièrement analogues aux nitrates et aux sulfates. J'ai aussi fait voir que le caractère acide dépend autant de l'arrangement que de l'énergie des molécules élémentaires; et quoique, dans la combinaison des substances simples, on observe les mêmes phénomènes de saturation que dans la combinaison des acides avec les

bases, j'ai proposé de réserver le nom d'*acide* pour les substances *composées*, jouissant d'ailleurs des propriétés acides. Considérant enfin que l'hydrogène forme des acides très-remarquables avec le chlore, l'iode et le soufre, j'ai encore proposé le nom *hydracides* pour désigner ces combinaisons, au nombre desquelles a été ajouté l'acide hydrocyanique.

Antérieurement à mon Mémoire sur l'iode, M. Davy s'était formé une idée particulière du chlore et de ses combinaisons : le chlore était pour lui un nouveau principe acidifiant, n'ayant de l'analogie qu'avec l'oxigène; et l'hyperoximuriate de potasse était une combinaison triple particulière d'oxigène, de chlore et de potassium, dans laquelle ce dernier pouvait être oxidé à un degré même supérieur à celui qu'on lui connaît quand il est isolé. La découverte de l'iode, celle surtout de l'acide chlorique, n'a point changé sa manière de voir; et, dans deux Mémoires qu'il a publiés dans les *Transactions philosophiques* de 1815, pages 203 et 214, l'un sur la combinaison de l'iode avec l'oxigène, et l'autre sur la décomposition des chlorates par les acides, il établit une distinction entre les iodates et les chlorates, et les nitrates, les sulfates, etc. Il propose même une nomenclature particulière pour les combinaisons salines de l'iode avec les bases. Ainsi, en adoptant le nom d'*iodine* pour désigner l'iode, il donne celui d'*oxiodine* à l'acide iodique sans eau; celui d'acide *oxiodique* à l'acide iodique combiné avec l'eau, et celui d'*oxiodes* aux iodates. M. Davy ne regarde pas le nom acide *iodique* comme suffisamment défini, attendu qu'on peut l'appliquer aux divers acides formés par l'iode, et que la terminaison en

ate placerait les iodates dans la classe commune des sels neutres, dont ils diffèrent sous plusieurs rapports. « Ils « en diffèrent, dit M. Davy, en ce que, lorsqu'ils de« viennent des composés binaires, en conséquence de « leur décomposition par la chaleur, ils conservent leur « caractère neutre et salin, quoïqu'ils perdent tout leur « oxigène; ce qui n'arrive point pour aucune autre « classe de corps, excepté pour les hyperoximuriates. »

M. Davy a donné le nom d'*oxiodine* au composé anhydre d'oxigène et d'iode, et a réservé celui *d'acide oxiodique* au même composé combiné avec l'eau, parce que « il n'est point du tout improbable que l'action de « l'hydrogène dans l'eau combinée soit liée avec les « propriétés acides du composé; car cet acide (l'acide « iodique combiné avec l'eau) peut être regardé comme « une combinaison triple d'iodine, d'hydrogène et d'oxi« gène, un *oxiode* d'hydrogène; et il est possible que « l'hydrogène ait la même part dans la production des « caractères acides que le potassium, le sodium ou « les bases métalliques dans les oxiodes; et comme « l'hydrogène combiné avec l'iodine forme un acide très« puissant, et que cet acide resterait, en supposant qu'on « enlevât tout l'oxigène de l'acide *oxiodique*, c'est une « supposition plausible que les élémens de l'eau doivent « avoir de l'influence dans la production de l'acidité de « la substance. »

Enfin M. Davy regarde comme probable que l'acide liquide, composé de chlore, d'oxigène et d'eau, que j'ai nommé *acide chlorique*, doit sa puissance acide à l'hydrogène combiné, et qu'il est analogue aux autres hyperoximuriates, qui sont des composés triples de bases

inflammables, de chlore et d'oxigène, dans lesquels la base et le chlore déterminent le caractère du composé ; de sorte que, suivant M. Davy, on n'aura aucun droit de dire que le chlore est susceptible d'être acidifié par l'oxigène, et qu'il existe un composé acide dans les hyperoximuriates, tant qu'on n'aura pas obtenu une combinaison pure de chlore et d'oxigène, jouissant des propriétés acides.

On voit par cet exposé que nous différons beaucoup, M. Davy et moi, sur la manière de considérer les propriétés chimiques du chlore et de l'iode, ainsi que leurs combinaisons. Son autorité semble condamner les opinions que j'ai émises; mais, avant d'y renoncer, je prierai M. Davy de vouloir répondre aux objections que je vais avoir l'honneur de lui adresser.

Je demanderai d'abord si les propriétés d'après lesquelles M. Davy établit une différence entre les chlorates et les iodates, et les autres composés salins, savoir, que les chlorates et les iodates neutres jouissent seuls de la propriété de perdre tout leur oxigène, sans que leur caractère neutre et salin soit altéré, ont réellement l'importance qu'il leur attribue.

Pour moi, je ne vois dans ces propriétés rien d'extraordinaire, rien qu'on ne retrouve au moins dans celles d'une foule de combinaisons. Les résidus de la décomposition, par la chaleur, des chlorates et de quelques iodates, sont des composés binaires, parce que le chlore et l'iode ont pour certaines bases métalliques plus d'affinité que l'oxigène. Ces résidus sont neutres, parce que la quantité de chlore ou d'iode contenue dans l'acide chlorique ou dans l'acide iodique est justement égale à

celle nécessaire pour former un chlorure ou un iodure neutres avec les bases métalliques.

Mais à quel caractère reconnaîtra-t-on cette neutralité ? Si, par exemple, on ne considérait que les iodates de baryte, de strontiane et de chaux, qui, en se décomposant par le feu, ne laissent que des oxides, comment pourrait-on s'assurer que les iodures de baryum, de strontium et de calcium sont neutres ? Et comment prouverait-on que le sulfure, l'azoture, le phosphure de potassium qui resteraient, quand on aurait enlevé tout l'oxigène au sulfate, au nitrate, au phosphate neutres de potasse, ne le sont pas ? Si les nitrates et beaucoup de sulfates ne laissent que des oxides quand on les décompose par le feu, de même que les iodates de baryte et de strontiane, c'est parce que l'oxigène a beaucoup plus d'affinité pour les métaux que le soufre et l'azote. On peut observer encore que deux sels du même genre, comme l'iodate de potasse et l'iodate de baryte, peuvent laisser, quand on les décompose par la chaleur, l'un une combinaison neutre, l'iodure de potassium; l'autre une combinaison alcaline, l'oxide de baryum. Enfin on peut demander comment on doit considérer un sulfate neutre par rapport à un sulfite neutre; car le premier, en perdant de l'oxigène pour passer à l'état du second, conserve son caractère neutre et salin.

D'après ces considérations, il me semble que le caractère de la neutralité du chlorure et de l'iodure de potassium, dont M. Davy s'est servi pour séparer les chlorates et les iodates des autres genres de sels, n'a réellement aucune valeur. Cette neutralité est en quelque sorte accidentelle; et, en admettant qu'elle est particulière aux

chlorures et aux iodures, elle prouverait au plus que le chlore et l'iode ont une énergie saturante plus grande que l'azote, le phosphore, le soufre, etc.

Il ne faut pas d'ailleurs, malgré les apparences, confondre un chlorure ou un iodure avec un sel proprement dit. J'ai déjà observé qu'il fallait réserver le nom d'*acide* aux composés binaires ou ternaires jouissant réellement des propriétés acides, et ne pas l'appliquer aux corps simples, quoiqu'ils eussent les propriétés générales des acides. J'ajouterai qu'il faut aussi réserver le nom d'*alcali* aux composés binaires jouissant des propriétés alcalines, et celui de *sels* aux combinaisons formées par un acide et par un alcali, d'après l'idée que je viens d'en donner. Des molécules complexes ne se comportent pas comme des molécules simples ; et il me paraît aussi important que naturel de classer les composés d'après l'ordre de composition de leurs molécules constituantes, lesquelles peuvent être considérées tantôt comme simples, tantôt comme complexes. Une pareille classification ne serait pas seulement commode ; elle est aujourd'hui absolument indispensable. Ainsi l'eau ne dissout presque aucun corps simple, tandis qu'elle se combine avec un très-grand nombre de composés binaires.

Dans mon Mémoire sur l'iode, j'ai indiqué un nouveau moyen de reconnaître le caractère d'une substance, lorsqu'on ne peut pas se servir pour cela des réactifs ordinaires. Ce moyen, qui consiste à dissoudre le composé dans l'eau lorsque cela est possible, et à voir alors si la dissolution est neutre, acide ou alcaline, est fondé sur ce principe, que l'eau étant neutre ne peut altérer le caractère propre d'une substance, soit lorsqu'elle ne

se décompose pas et qu'elle donne seulement de la solubilité au composé dont on veut reconnaître le caractère, soit lorsqu'elle se décompose, parce qu'alors on peut l'assimiler à un sel neutre. C'est ainsi qu'on peut conclure que le chlorure de potassium est neutre, parce que, en le dissolvant dans l'eau, il donne une dissolution qui, considérée comme un chlorure ou comme un hydrochlorate, est parfaitement neutre.

Ce moyen de reconnaître le caractère d'un composé étant fondé lui-même sur la permanence de caractère dans les décompositions mutuelles des sels, pourrait bien, comme cette dernière, être soumis à quelques exceptions; car on se rappelle que nous avons trouvé, M. Thenard et moi, qu'en mêlant une dissolution de fluate de potasse légèrement acide, avec une dissolution d'hydrochlorate de glucine, qui l'est toujours beaucoup, on obtient du fluate neutre de glucine et du fluate alcalin de potasse (1). Je vais citer au moins un composé, le sulfure de potassium, dont le caractère, déterminé de la manière que j'ai indiquée, a besoin d'être discuté.

Si on admettait sans restriction le principe d'où je suis parti, il faudrait admettre que le sulfure de potassium n'est point neutre, quoiqu'il puisse produire un sulfate neutre lorsqu'on oxidifie le potassium et qu'on acidifie le soufre; car la dissolution de ce sulfure dans l'eau est très-alcaline. Si l'on regarde au contraire le sulfure de po-

---

(1) Ce fait me paraissant hors de doute, peut s'expliquer par la considération qu'un nouvel arrangement de molécules peut amener un changement de caractère.

tassium comme neutre, parce qu'il peut être changé en sulfate neutre, il faudrait admettre que le principe dont j'ai parlé est ici en défaut, et que dans la double décomposition des deux composés binaires, l'eau et le sulfure de potassium, la permanence de caractère n'a pas lieu. Mais le sulfure de potassium est-il réellement neutre ?

La seule preuve que l'on puisse alléguer en faveur de la neutralité du sulfure, est qu'étant saturé d'oxigène, il produit un sulfate neutre, tout comme le chlorure de potassium produit un chlorate neutre. Cependant si l'on se rappelle que le potassium, en agissant sur l'acide hydrosulfurique, forme une combinaison de sulfure de potassium et de gaz hydrosulfurique, un véritable hydrosulfate de sulfure de potassium, il deviendra probable que le sulfure de potassium est alcalin, ou qu'il forme une espèce d'alcali (1). Cet hydrosulfate, qui est analogue aux autres sels formés par les hydracides, donne encore avec l'eau une dissolution alcaline; mais comme l'oxigène a une affinité très-supérieure à celle du soufre, l'eau est certainement décomposée, et on obtient un hydrosulfate de potasse

---

(1) Si on regardait le sulfure de potassium comme neutre, de même que le chlorure de potassium, on expliquerait l'alcaliuité qui se manifeste lorsqu'on dissout le premier composé dans l'eau, et la permanence de neutralité qui caractérise le second, en faisant attention qu'un volume d'hydrogène et un volume de chlore produisent deux volumes d'acide, et qu'un volume d'hydrogène, en se combinant avec le soufre, ne produit qu'un volume d'acide.

alcalin, contenant deux fois plus de gaz hydrosulfurique que l'hydrosulfate de sulfure de potassium.

Au reste, je me suis étendu sur le caractère de la neutralité, que parce que M. Davy s'en est servi pour établir une distinction entre les combinaisons du chlore et de l'iode, et celles de l'azote, du soufre et du phosphore; mais j'avoue que, quelque idée qu'on se fasse de l'importance de ce caractère, les chlorates, les nitrates, etc., ne m'en paraîtraient pas moins avoir la plus grande analogie entre eux.

Il est vrai que ce n'est pas seulement d'après le caractère des résidus de la décomposition des chlorates et des iodates par la chaleur, que M. Davy établit une distinction entre ces combinaisons et les sels ordinaires. Il considère les chlorates, par exemple, comme des combinaisons triples de chlore, d'oxigène et de potassium, dans lesquelles le métal *pourrait* être combiné avec tout l'oxigène, et il pense que l'acide liquide, auquel j'ai donné le nom d'*acide chlorique*, est analogue aux autres hyperoximuriates, et qu'il doit sa puissance acide à l'hydrogène combiné. Je pourrais, avec raison, dire que cette manière de voir est tout-à-fait systématique; mais il me convient mieux de continuer à présenter des objections à M. Davy.

M. Davy vient d'obtenir l'acide iodique anhydre : cet acide ne doit ses propriétés acides qu'à l'oxigène et à l'iode; cet acide forme avec les bases des combinaisons dont il doit être considéré comme partie constituante. Pourquoi, à moins qu'il n'insiste sur les caractères dont je crois avoir démontré l'insuffisance, M. Davy sépare-t-il les iodates des nitrates ou des sulfates?

En second lieu, quoiqu'on n'ait pas encore obtenu l'acide chlorique sans eau, quelle preuve peut alléguer M. Davy pour soutenir que les chlorates ne sont pas formés par une combinaison acide de chlore et d'oxigène avec les bases ? Est-ce parce qu'il lui répugne d'admettre, que l'oxigène peut acidifier le chlore ? Si c'était en cela que consistât la difficulté, je conviendrais volontiers que c'est le chlore qui acidifie l'oxigène ; mais M. Davy fait intervenir l'action de l'hydrogène, et je dois maintenant m'en occuper.

Je ne m'arrêterai pas à discuter si dans les hydracides c'est l'hydrogène qui acidifie ou qui est acidifié ; les proportions et l'arrangement particulier que prennent les molécules constituantes, ont une telle influence sur le caractère de la combinaison, qu'il serait bien difficile de se décider à cet égard ; mais comme j'ai ici pour objet de considérer la propriété qu'a l'hydrogène d'entrer comme partie essentielle dans plusieurs acides, je supposerai que c'est lui qui est le principe acidifiant.

Dans les hydracides, on ne peut méconnaître l'influence de l'hydrogène dans le développement de leur acidité ; les quatre hydracides, dont l'existence est bien constatée, peuvent être obtenus anhydres, et il ne reste aucun doute sur la véritable nature de leur radical. L'acide hydrochlorique et l'acide hydriodique une fois combinés avec l'eau, ne peuvent plus en être séparés qu'au moyen des bases ; mais comme il faut autant de base pour neutraliser l'acide hydrochlorique liquide que la même quantité d'acide anhydre, il est évident que l'eau n'altère point l'intensité de l'acidité. L'eau, en

effet, est éminemment neutre ; on ne peut citer aucun exemple où, sans se décomposer, elle fasse passer un corps de l'état acide à l'état alcalin, ou de ceux-ci à l'état neutre (1).

Si M. Davy admet que l'acide chlorique doit ses propriétés acides à l'hydrogène, pourquoi ne pas admettre que l'acide sulfurique et l'acide nitrique lui doivent aussi les leurs? Jusqu'à présent, on ne les a obtenus ni l'un ni l'autre sans eau, de même que l'acide chlorique. Je dois avouer cependant que M. Dulong a présenté dernièrement à la Classe des sciences une note dans laquelle il considère ces corps comme des espèces d'hydracides ; mais je ne puis être de son avis.

Si je combine avec l'ammoniaque le gaz hydrochlorique ou sa dissolution dans l'eau, j'obtiens le même produit, et l'eau se sépare. Si je fais une combinaison semblable avec les acides chlorique, sulfurique et nitrique, aussi concentrés que possible, l'eau, ou si l'on veut les élémens de l'eau avec laquelle chaque acide est combiné, se sépareront également, et j'aurai des chlorates, des sulfates et des nitrates ne renfermant plus la portion d'hydrogène qui, dans l'opinion de M. Dulong, serait la cause de leurs propriétés acides. Par conséquent, les combinaisons de l'oxigène avec le chlore, le soufre

---

(1) L'eau, malgré sa forte affinité pour un grand nombre de corps, ne changeant pas leur caractère, offre une preuve évidente que, indépendamment des proportions et de l'arrangement des molécules constituantes, il faut qu'elles soient douées d'un caractère particulier pour produire l'acidité ou l'alcalinité.

et l'azote dans les chlorate, sulfate et nitrate d'ammoniaque, qui correspondent à celle de l'hydrogène avec le chlore dans l'hydrochlorate d'ammoniaque, devraient être des espèces d'hydracides; mais cette opinion ne peut être évidemment soutenue.

On observera sans doute que l'acide, dans les chlorates, les sulfates et les nitrates, n'est pas le même que dans les acides chlorique, sulfurique et nitrique liquides; mais on n'en peut donner aucune preuve, car la capacité de saturation, seul moyen que nous ayons de mesurer l'acidité, est indépendante de l'eau combinée avec les acides, puisque cette eau se dégage par l'action des bases alcalines.

C'est une pure hypothèse d'admettre, comme M. Davy l'a fait, que l'hydrogène, dans l'acide chlorique, joue le même rôle que le potassium dans le chlorate de potasse, et que ce sel n'est autre chose qu'une combinaison *triple* de chlore, d'oxigène et de potassium. D'après les plus fortes analogies, au contraire, c'est une combinaison *binaire* formée par une molécule de potasse et une molécule d'acide chlorique.

Supposera-t-on, enfin, que dans le sulfate d'ammoniaque, par exemple, les élémens de l'ammoniaque et de l'acide sont combinés dans un autre rapport? Mais alors où s'arrêter? car dans une combinaison formée par quatre élémens on peut faire bien des permutations. Il existe certainement un ordre de combinaison de préférence à tout autre; c'est celui où l'équilibre est le plus stable, celui où les affinités des élémens sont le mieux satisfaites; et tout porte à croire que l'ammoniaque et l'acide sulfurique, qui sont les seuls produits doués de

propriétés opposées que l'on puisse retirer du sulfate d'ammoniaque, y existent réellement.

Suivant moi, la seule différence que l'on doive admettre entre l'acide chlorique combiné avec l'eau et l'acide chlorique combiné avec la potasse, qui sont des composés du même ordre, c'est-à-dire, des composés dont les molécules constituantes sont binaires, consiste en ce que *la potasse, dans le chlorate de potasse, réunit les élémens de l'acide par son affinité, et les neutralise par son alcalinité; et que l'eau dans l'acide chlorique liquide, qui réunit aussi les élémens de l'acide par son affinité, ne les neutralise pas, parce qu'elle jouit de la neutralité* (1).

Avec cette manière de considérer les acides qui ne peuvent exister sans eau, on explique aisément tous les phénomènes qu'ils présentent avec les métaux, surtout avec ceux qui ne décomposent pas l'eau. En les considérant au contraire comme devant leurs propriétés acides à l'hydrogène combiné, ce qui est évidemment faux, puisque l'hydrogène n'existe plus dans la plupart de leurs combinaisons salines, on tombe dans un vague indéfini. Il faudrait aussi considérer la potasse hydratée comme tenant ses propriétés de l'hydrogène combiné. Mais je termine ici ces considérations, peut-être déjà trop longues, pour faire quelques observations sur la nomenclature proposée par M. Davy.

---

(1) Comme on n'a pas obtenu jusqu'à présent l'acide chlorique sans eau, je suppose que c'est elle qui réunit ses élémens comme elle réunit ceux de l'acide sulfurique; mais le raisonnement que je viens de faire n'exige point cette condition.

Si je ne me suis point fait illusion, il n'est pas nécessaire d'avoir deux noms pour désigner, comme l'a fait M. Davy, l'acide iodique sans eau et l'acide iodique combiné avec elle. La dénomination *acide iodique* peut s'appliquer indistinctement à ces deux états, puisque l'eau ne change point les propriétés acides; et dans l'occasion, les adjectifs *anhydre* ou *anhydroxuré*, et *hydroxuré*, détermineront l'état de l'acide que l'on considère. Je propose ce dernier nom pour les acides comme pour les alcalis et tous les corps combinés avec l'eau en proportion définie, parce que l'expression *hydrate de potasse*, par exemple, rappelle que l'eau joue le rôle d'un acide, ou que la combinaison de la potasse avec l'eau est un sel, et cela n'est point exact. De même le mot *hydro*, dont M. Davy fait précéder les noms des acides nitrique, sulfurique, etc., pour désigner qu'ils contiennent de l'eau, aurait l'inconvénient, si l'on conserve les noms spécifiques des hydracides, que M. Davy paraît adopter, de faire penser que ces derniers sont analogues aux acides nitrique et sulfurique, ce qui n'est point encore exact. D'ailleurs, l'eau combinée avec la potasse joue le même rôle que celle combinée avec les acides, et l'on doit par conséquent l'indiquer par la même dénomination.

Si l'on voulait désigner les élémens de l'acide iodique, il faudrait, à la rigueur, le nommer *acide oxiiodique*; mais par la même raison il faudrait dire l'*acide oxisulfurique*, les *oxisulfates*, etc. Je suis prêt à adopter cette nomenclature si les chimistes l'approuvent; cependant je ne vois aucun inconvénient à supprimer le mot *oxi*, en convenant de ne donner un nom simple, dé-

rivé de celui du radical, qu'aux acides formés par l'oxigène. Leur nombre est si étendu, leur importance si grande, que je ne vois pas de raison pour renoncer à des noms consacrés par l'usage, qui ont le précieux avantage d'être courts et qui reviennent à chaque instant. Je propose donc de conserver les noms *acide iodique* et *acide chlorique*, parce que, d'après nos conventions, ils désignent des acides dont l'oxigène est un des élémens. On ne dira plus alors, comme l'aurait voulu M. Davy, les *acides iodiques* pour désigner les divers acides formés par l'iode; mais rien n'empêchera de dire les *acides de l'iode*.

Ayant depuis long-temps considéré le chlore et l'iode comme analogues au soufre et au phosphore, j'avais proposé de désigner les combinaisons du chlore et de l'iode avec les autres corps qui n'étaient point acides, par les noms génériques *chlorures* et *iodures*. Il semblerait au premier abord que, par analogie avec les oxides, on aurait dû plutôt les désigner par les noms *chlorides* et *iodides*; mais je persiste à penser que les premières dénominations sont plus convenables que les secondes pour la plupart de ces combinaisons. En effet, un grand nombre de sulfures sont neutres, et dès-lors ils ne doivent pas avoir un nom générique terminé en *ide*, comme celui d'*oxide*, qui s'applique en général à des combinaisons qui sont alcalines. Le nom de *sulfure*, consacré par un long usage, convient donc très-bien aux combinaisons neutres du soufre, et je puis ajouter même à celles qui ne le sont pas, quand on les considère d'une manière générale; mais les combinaisons alcalines du soufre devront être désignées par le nom de *sulfurides*,

analogue à celui d'*oxides*. On aurait de même des *chlorures* et des *chlorides*, des *iodures* et des *iodides*, des *phosphures* et des *phosphides*, des *cyanures* et des *cyanides*, etc.; noms parfaitement analogues à ceux des acides en *eux* et en *ique*. Conséquemment aussi, les combinaisons neutres de l'oxigène qui ne peuvent être appelées des *oxides* ou des *acides*, recevraient le nom d'*oxures*. L'eau, qui est éminemment neutre, serait donc un *oxure* d'hydrogène ou un *hydroxure*; et on en dériverait les deux adjectifs *hydroxuré* et *anhydroxuré* pour indiquer qu'un corps contient de l'eau en proportion définie, ou qu'il n'en contient pas. Ainsi la potasse fondue, qui contient de l'eau, serait désignée par l'expression *potasse hydroxurée*, ou par celle d'*hydroxure de potasse*.

La dénomination *hydrure*, déjà employée pour plusieurs combinaisons, devrait être conservée, et on ne l'appliquerait qu'aux composés *neutres* de l'hydrogène avec les autres corps; et on regarderait en général comme neutres tous les composés d'hydrogène qui ne se combinent ni avec les acides ni avec les bases. Toute combinaison d'hydrogène qui jouirait des propriétés alcalines serait un *hydride* dans cette nomenclature; il faut seulement ne pas perdre de vue que l'on considère le mot *hydrogène* comme n'ayant aucun sens, aucune étymologie, et qu'il désigne un fluide élastique particulier qui pèse treize fois moins que l'air, qui est inflammable, etc.

Ce système de nomenclature aurait le double avantage de conserver des noms généralement adoptés depuis longtemps, et d'exprimer d'une manière exacte les divers rapports qu'on a reconnus exister entre les corps. Les découvertes qu'on a faites en chimie exigent évidemment

des changemens dans le langage de cette science ; mais comme elles ont été envisagées sous des points de vue différens, on ne s'est pas encore entendu sur les principes de leur nomenclature. Si je me suis permis de proposer quelques changemens, c'est uniquement pour fixer l'attention des chimistes, et les engager à discuter les nouveaux noms qui se multiplient de toutes parts, et qui bientôt porteraient la confusion dans la chimie.

Sur la quantité de matière ligneuse existante dans quelques racines et dans quelques fruits.

Note lue le 3 février 1816 à la Société philomatique, par M. Clément, l'un de ses membres.

Je vais communiquer à la Société une petite observation qui ne sera peut-être pas sans intérêt, parce qu'elle ajoute quelque chose à nos connaissances sur la merveilleuse organisation des êtres vivans, et parce qu'elle peut avoir son utilité dans quelques arts.

On croit généralement que la matière ligneuse (1) de quelques racines et de quelques fruits qui servent à notre nourriture, comme les pommes de terre, les carottes, les betteraves, les pommes et les pois, forme une partie assez considérable de leur masse, $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{5}$, par exemple.

On regarde le marc de cidre comme épuisé de tout le

---

(1) Par matière ligneuse, j'entends la substance analogue au bois qui forme le réseau solide des plantes ou des fruits.

liquide que contenaient les pommes lorsqu'il sort de la presse ; et tout récemment un chimiste célèbre a écrit que le marc de betteraves était d'autant plus propre à la nourriture des animaux, que c'était une substance presque sèche (1). Cependant, il suffit de regarder ce marc avec la plus légère attention pour voir qu'il n'est formé que de petits morceaux de betteraves parfaitement semblables à ceux qu'on obtient en coupant et hachant la betterave entière avec un instrument bien tranchant, et sans laisser répandre une seule goutte de liquide. Il est impossible de ne pas reconnaître d'abord cette parfaite ressemblance qui frappe les yeux, et qui d'ailleurs est confirmée par l'expérience.

J'ai coupé une betterave en tranches minces, et celles-ci ont été divisées et hachées à peu près au même degré que le marc qui provient de la fabrication du sucre, et qui a rendu $\frac{66}{100}$ de suc. Cependant la betterave ainsi hachée n'a pas fourni de liquide à la pression, et après sa dessiccation au soleil elle s'est trouvée avoir perdu $\frac{88}{100}$ de son poids, c'est-à-dire, précisément autant que le marc desséché par le même moyen.

Ainsi, c'est une erreur grande et funeste que d'imaginer que le marc de betteraves rejeté dans la fabrication du sucre est une substance presque sèche : elle contient autant d'eau que la betterave entière (la dessiccation comparative le prouve), et autant de sucre que le premier suc extrait; une plus grande division méca-

(1) Annales de Chimie, t. XCV. *Mémoire de* M. CHAPTAL *sur le Sucre de betteraves.*

nique met tout à l'état liquide. On pourrait donc, dans le cas où la fabrication du sucre de betteraves serait convenable, chercher avec certitude de succès les moyens d'employer à la production du sucre cette portion considérable de la racine, qui en forme le tiers environ, et que l'on imaginait si faussement presque entièrement composée de matière sèche.

Ce que je viens de dire est applicable aux fruits employés à faire du cidre : ce que l'on regarde comme marc, comme déchet, n'est pas autre chose que la même matière que le cidre, à très-peu près.

Mais d'après cela, la partie ligneuse qui sert d'enveloppe, de soutien à la partie liquide des fruits ou des racines dont j'ai parlé, serait en quantité excessivement petite, puisque la division mécanique suffirait pour la faire disparaître en la faisant flotter dans le liquide.

C'est en effet ce que j'ai confirmé par l'expérience. J'ai enlevé la peau à des pommes de terre et je les ai râpées ; j'ai lavé la pulpe sur un tamis pour enlever la fécule ; j'ai pris le marc que j'ai mis dans de l'eau chaude, et j'ai ajouté $\frac{1}{200}$ d'acide sulfurique pour liquéfier la colle qui résultait de la cuisson de la fécule restée dans le marc. J'ai filtré après une coction de quelques heures, et je n'ai trouvé sur le filtre de papier, en tissu ligneux sec, que $\frac{3}{4}$ pour % du poids de la pomme de terre. J'avais d'ailleurs reconnu que la fécule, d'abord séparée du marc, ne contenait pas un atôme de matière ligneuse ; elle avait formé avec l'eau bouillante acidulée une dissolution parfaitement limpide.

J'ai reconnu par d'autres expériences que la peau des

pommes de terre de grosseur ordinaire ne formait que $\frac{1}{2}$ pour % de leur poids.

Ainsi la pomme de terre nous offre le singulier phénomène d'un solide très-dur, très-compacte, et qui ne contient que 1 et $\frac{1}{4}$ pour % de matière ligneuse, ayant isolément elle seule l'apparence solide, tandis que tout le reste n'est formé que d'amidon en poussière, sans aucune adhésion, et de plus de $\frac{68}{100}$ de liquide.

Les pommes, les poires, les betteraves, les carottes, et bien d'autres racines ou fruits, sont encore des résultats de la vie plus étonnans, puisqu'on n'y trouve pas même $\frac{1}{100}$ de matière ligneuse employée à former les membranes et les vaisseaux de ces êtres organiques, dont les $\frac{99}{100}$ sont à l'état liquide.

OBSERVATIONS

Sur l'influence que le vent exerce dans la propagation du son, sous le rapport de son intensité.

PAR F. DELAROCHE, Docteur-Médecin (1).

LORSQU'ON entreprend des recherches sur un phénomène dont la cause n'est pas connue, on doit sans doute avoir pour but principal de déterminer cette cause, ou du

(1) Le Mémoire qu'on va lire avait été présenté à la première Classe de l'Institut, le 15 novembre 1813. Dépositaire du manuscrit depuis la mort prématurée qui a enlevé

moins de rattacher toutes les circonstances que présente le phénomène à des principes généraux; mais il n'est pas donné à tout le monde d'arriver à de pareils résultats, qui sont bien souvent le fruit d'un effort de génie ou d'un heureux hasard. Cependant, lors même qu'on n'atteindra pas ce but, les recherches qu'on aura faites ne seront pas inutiles, si elles servent à jeter quelque jour sur le phénomène lui-même, ou sur les circonstances dans lesquelles il est produit. On aura amassé des matériaux qui, employés par une personne plus habile ou plus heureuse, pourront conduire à l'explication désirée. Enhardi par cette considération, j'ai l'honneur de soumettre à la Classe les résultats de quelques recherches que j'ai entreprises, dans l'intention

---

M. Delaroche aux sciences et à ses nombreux amis, j'ai pensé qu'il serait convenable de le faire imprimer. L'auteur arrive à des conclusions, qui, d'abord, pourront paraître paradoxales; mais ceux qui savent combien il mettait de soin et d'exactitude dans toutes ses recherches, se garderont sans doute d'opposer une opinion populaire à des expériences positives, et sentiront la nécessité de soumettre à de nouvelles épreuves les phénomènes de la propagation du son dans un air agité. M. Haldat, il est vrai, a fait, en 1814, des observations qu'on peut voir dans le Journal de Physique, et qui semblent en opposition avec celles de M. Delaroche; mais il s'est servi pour cela d'un moyen dont celui-ci dit avoir reconnu l'inexactitude; et, en effet, les résultats de M. Haldat présentent de grandes discordances, et me paraissent laisser la question encore indécise. (Ar.)

d'éclaircir un phénomène dont la cause m'est encore entièrement inconnue.

Non-seulement les savans, mais encore les gens les plus étrangers aux sciences, ont observé de tout temps que la force avec laquelle le son se fait entendre à une distance donnée du corps sonore, et dans une direction également donnée, varie avec la direction suivant laquelle le vent souffle dans le moment où le son est produit. On a cru remarquer que, lorsque la direction du vent est la même que celle des rayons sonores, l'intensité du son en est fort augmentée, et qu'elle est fort diminuée lorsque les deux directions sont contraires. Ce phénomène, qui, lorsqu'on n'avait aucune idée des vitesses relatives du vent et de la transmission du son, pouvait ne présenter rien de bien étonnant, est devenu inexplicable depuis qu'on a fait des recherches exactes sur ce sujet (1); aussi l'a-t-on généralement considéré

---

(1) Si la vitesse du vent se rapprochait de celle du son, il est évident que la masse totale d'air dans laquelle celui-ci se propage, se déplaçant d'une quantité considérable pendant que le son parviendrait à l'observateur, ce dernier se trouverait beaucoup plus près du centre des vibrations sonores au moment où le son frapperait son oreille, qu'il ne l'eût été dans un air tranquille, et que, par conséquent, il l'entendrait beaucoup plus distinctement. Si, au contraire, la vitesse du vent était beaucoup plus petite que celle du son, ce rapprochement serait peu considérable : or, c'est ce qui a lieu en effet. Un vent peut passer pour être très-fort quand il parcourt 40 pieds par seconde ($13^{m},3$), tandis que le son parcourt 1038 pieds (337^{m}) dans le même temps.

comme tel. Quelques personnes cependant l'ont attribué à une sorte d'inflexion des rayons sonores ; explication qui ne fait que reculer la difficulté (1).

Il est assez surprenant qu'un phénomène aussi remarquable n'ait pas donné lieu, jusqu'à présent, à des recherches exactes. Je ne sache pas, en effet, qu'aucune expérience directe ait été entreprise pour déterminer les circonstances avec lesquelles il peut être lié, ni même pour constater sa réalité.

Il y a déjà long-temps que je désirais faire moi-même quelques expériences sur ce sujet ; mais diverses circonstances m'en avaient toujours empêché : enfin, mon ami M. le docteur Félix Dunal, de Montpellier, m'ayant offert, il y a environ trois mois, de m'aider dans ces recherches, j'ai entrepris, de concert avec lui, les expériences dont je vais présenter les résultats à la Classe.

Nous avons d'abord cherché à constater, par des observations exactes, si le vent a une influence réelle sur la propagation du son, sous le rapport de son intensité : cela même n'était pas aussi facile qu'on le pourrait croire. Nous avons eu d'abord l'idée de reehercher si la distance à laquelle on cessait d'entendre un même son variait suivant la direction relative des rayons sonores et du vent ; mais nous avons reconnu bientôt que cette manière

---

(1) Franklin a essayé, dans ses lettres sur divers objets de science, de donner une explication de ce phénomène, mais comme une simple conjecture à laquelle il ne tenait pas. Comme elle repose sur une supposition contradictoire avec les connaissances actuelles sur la théorie du son, je ne la rapporterai pas ici.

de déterminer l'influence du vent sur le son était très-incommode, et peu susceptible d'exactitude. Il nous est arrivé, en effet, après être parvenus à une distance du corps sonore telle que nous l'entendions à peine, de doubler cette distance et de l'entendre encore presque aussi distinctement que la première fois. Nous avons en conséquence cherché un autre procédé, et nous nous sommes décidés à employer celui que je vais rapporter : il est fondé sur le principe qui a servi de base à la photométrie ; c'est-à-dire sur ce fait d'expérience que, lorsqu'on éprouve à très-peu d'intervalle deux sensations du même genre, il est facile de juger quelle est la plus intense, même lorsqu'elles diffèrent peu.

Nous nous sommes procuré des timbres de 15 centimètres de diamètre, parfaitement semblables et presque à l'unisson ; nous y avons fait adapter des marteaux disposés de manière qu'ils pussent frapper avec un degré de force constant, et tel pour chacun des timbres, qu'ils rendissent tous deux un son de la même intensité. Nous les avons ensuite placés dans la même direction que le vent, à la distance de 12 mètres l'un de l'autre, et les avons fait frapper alternativement par des aides qui les soutenaient à une hauteur de 3 ou 4 pieds. L'un de nous s'est placé entre les timbres, en s'approchant ou s'écartant alternativement de l'un ou de l'autre, jusqu'à ce qu'il fût arrivé au point où l'intensité des deux sons lui paraissait égale. Nous avons répété l'un et l'autre plusieurs fois cette expérience, afin de pouvoir juger de la facilité avec laquelle le son se propageait dans ces deux directions opposées, par la distance moyenne à laquelle l'observateur se trouvait des deux timbres dans le mo-

ment où il entendait égalité de son. Il est à remarquer que, pour éviter les causes d'erreur qu'aurait pu apporter l'imagination, nous faisions en sorte d'ignorer complètement, dans chaque expérience, la distance où nous étions de l'un et l'autre timbres. Le tableau suivant renferme les résultats de ces expériences et d'autres semblables, mais dans lesquelles nous avons mis de beaucoup plus grands intervalles entre les timbres ou les cloches que nous leur avons substituées (1).

---

(1) Nous avons pris beaucoup de précautions pour assurer l'exactitude de nos résultats. Nous écoutions toujours pendant quelques minutes les deux timbres, avant de décider de l'égalité ou de la non-égalité des sons, afin de ne pas être induits en erreur par des circonstances accidentelles. Nous avons eu soin de varier les localités dans lesquelles ces expériences ont été faites : nous les avons enfin répétées à des époques différentes.

DATES des EXPÉRIENCES.	HAUT. du thermom.	HAUT. du baromèt.	INSTRUMENS sonores employés.	NOM de L'OBSERVATEUR.	DISTANCE de l'observateur aux timbres ou cloches placés sur le vent.	sous le vent.	OBSERVATIONS DIVERSES.
		mm.			mèt.	mèt.	
14 septembre, entre trois heures et quatre heures.	17°	764	Timbres de 15 centimètres de diamètre, munis de marteaux frappant par leur poids.	Dunal.	5,4	6,6	Le vent, quoiqu'un peu variable, était en général assez fort, et soufflait de l'ouest.
				Delaroche.	5,4	6,6	
				Del.	5,7	6,3	
				Del.	6,6	5,4	
				Del.	6,0	6,0	Nous avons substitué plusieurs fois les timbres l'un à l'autre, sans que cela ait paru en rapport avec les petites variations observées dans la distance de l'observateur aux timbres.
				Dunal.	6,3	5,7	
				Dun.	5,7	6,3	
				Dun.	6,3	5,7	
				Dun.	5,5	6,5	
				Dun.	5,7	6,3	
				Delaroche.	6,3	5,7	
				Del.	6,2	5,8	
				Del.	6,3	5,7	
				Del.	5,7	6,3	
				Moyennes.	5,94	6,06	
10 septembre, entre trois heures et quatre heures.	14°	766	Les mêmes timbres.	Delaroche.	189	61	Le vent venait du nord. Il était peu soutenu. Le ciel était passablement serein.
				Dunal.	187	63	
				Moyennes.	188	62	
16 octobre, entre deux et trois heures.	12°,5	746	Les mêmes timbres munis de marteaux à ressort.	Dunal.	207	43	Le vent était au sud-ouest, assez fort. Le temps s'annonçait pour devoir être pluvieux.
				Delaroche.	210	40	
				Moyennes.	208,5	41,5	
24 octobre, entre une heure et deux heures.	18°,3	753	Deux petites cloches semblables frappées par des marteaux à ressort.	Delaroche.	431	75	Le vent était au nord-ouest, médiocrement fort, assez constant. Le ciel était serein.
				Dunal.	430	76	
				Moyennes.	430,5	75,5	

En examinant la première partie de ce tableau, on aperçoit un fait qui, je crois, n'avait point encore été indiqué; savoir, que le vent n'a pas d'influence sensible sur l'intensité du son qui s'entend à de petites distances, 6 mètres, par exemple. En effet, dans les seize observations que nous avons faites, M. Dunal ou moi, à de pareilles distances, les unes donnent pour le lieu de l'égalité de son un point un peu plus rapproché du timbre sur le vent; les autres, un point un peu plus rapproché du timbre sous le vent. Les moyennes entre les distances qui séparaient les timbres de l'observateur sont sensiblement égales, et la petite différence qu'on observe entre elles est dans un tel sens qu'on ne peut l'attribuer à l'influence du vent.

Si l'on examine les résultats fournis par des expériences faites à de plus grandes distances, on trouve au contraire que l'influence du vent devient extrêmement marquée. Il paraît qu'elle augmente avec la distance, et qu'elle est plus grande par un vent fort que par un vent faible.

Il résulte de ces faits que la loi de décroissement du son, quelle qu'elle soit, varie suivant la direction relative des rayons sonores et du vent. On peut tirer la même conséquence des expériences suivantes, que nous avons faites dans l'intention de vérifier sa justesse.

Nous avons pris deux marteaux égaux, que nous avons disposés de manière à frapper sur de petites enclumes mobiles, avec une force constante pour chacun d'eux, mais extrêmement différente pour les deux. L'observateur, et les aides qui portaient ces marteaux et les faisaient frapper alternativement, s'étant placés sur une

même ligne dans la direction du vent, de telle manière que le marteau dont le coup était le plus fort fût sur le vent, l'observateur sous le vent et le second marteau entre deux, nous avons fait avancer ou reculer l'aide qui portait ce dernier, jusqu'à ce que l'observateur entendît les deux sons avec la même intensité. Nous avons ensuite répété cette expérience en plaçant le marteau dont le son était le plus fort sous le vent, l'observateur sur le vent, l'autre marteau restant entre deux, et nous avons trouvé que dans ce dernier cas, ainsi qu'on peut le voir par le tableau suivant, les différences entre les distances des deux marteaux à l'observateur ont été beaucoup moins grandes que dans le premier, ce qui n'aurait pas eu lieu si la loi de décroissement eût été la même dans tous les deux.

NOM de l'observateur.	DISTANCE de l'observateur au marteau dont le son était plus faible.	au marteau dont le son était plus fort.	DIRECTION relative du vent et de la ligne passant par les marteaux et l'observateur.	OBSERVATIONS DIVERSES.
	mètres.	mètres.		
Delaroche.	31	49	Les deux marteaux étant sur le vent de l'observateur.	Le vent était fort et venait du sud-ouest.
Dunal.	32,5	49		
Delaroche.	32,0 (1)	48		
Dunal.	8,7	51	Les deux marteaux étant sous le vent de l'observateur.	Le ciel était couvert et il tombait quelques gouttes de pluie.
Delaroche.	9,6	51		
Delaroche.	8,3	50	Les deux marteaux et l'observateur étant dans une ligne perpendiculaire au vent.	
Dunal.	8,3	50		

On peut, il me semble, conclure de ces observations que ce n'est point dans le lieu de la production du son que le vent exerce son influence, mais bien dans tout l'intervalle qui le sépare de l'auditeur. En effet, s'il en était autrement, on ne concevrait pas pourquoi l'influence du vent sur le son ne serait pas aussi sensible à une petite distance qu'à une grande, et pourquoi la loi de décroissement serait changée (2). On ne peut donc

(1) Cette expérience a été faite dans un endroit différent des autres.

(2) On expliquera au contraire très-facilement comment

pas, comme quelques personnes ont cherché à le faire, assimiler ce qui se passe dans ce cas à ce qui a lieu dans les explosions d'armes à feu, que l'on dit entendre mieux du côté où est tournée la bouche de l'arme que du côté opposé.

Nous nous sommes occupés ensuite de la comparaison entre les sons propagés dans la direction du vent, et les sons propagés dans une direction perpendiculaire. Il était probable que ces derniers seraient plus faibles que les premiers, mais plus forts que les sons entendus dans une direction opposée au vent. Cependant cela n'était pas certain, et demandait à être prouvé par des expériences directes. Nous avons fait, dans cette intention, celles que je vais rapporter.

---

il se fait que l'influence du vent sur le son soit presque nulle à de petites distances, et très-grande à des distances plus considérables, en admettant que cette influence s'exerce sur toute l'étendue du trajet parcouru par le son. Supposons, en effet, que l'équation qui représente l'intensité d'un son entendu à une distance quelconque dans un air tranquille, soit de cette forme, $A = \frac{a}{d^n}$, a étant l'intensité du son à l'unité de distance, et A cette intensité à la distance d. Supposons aussi que le décroissement du son, par l'effet du vent contraire, soit proportionnellement le même dans toutes les parties du trajet qu'il parcourt; on aura pour l'expression de son intensité à une distance quelconque $\frac{a}{d^n} \times c^d$; $\frac{1}{c}$ étant le rapport du son entendu d'abord à l'unité de distance dans un air tranquille, et ensuite à la même distance par le vent contraire. Admettons maintenant, pour plus de simplicité, que le vent favorable n'ait point d'influence sur la propagation du son, ce

L'observateur s'étant placé sous le vent de l'un de nos timbres égaux, et ayant fait porter l'autre dans une direction perpendiculaire à celle du vent, de telle manière que les lignes qui passaient par le lieu où il était placé et par les deux timbres formassent entre elles un angle droit, il faisait éloigner ou rapprocher l'aide qui portait l'un des timbres, jusqu'à ce que les deux sons fussent égaux : nous mesurions alors les distances qui le séparaient des deux centres sonores. Nous avons répété cette expérience plusieurs fois, en plaçant les timbres ou les cloches à des distances variées. Elles nous ont conduits à un résultat remarquable, qui prouve bien qu'il ne faut compter ni sur l'analogie ni sur les opinions populaires, lors même qu'elles sont reçues des savans ; savoir, que

---

qui ne s'écarte pas beaucoup de la vérité, ainsi que je le montrerai dans un moment ; le rapport de deux sons égaux entendus à une même distance, l'un dans la direction du vent, l'autre dans une direction contraire, sera celui de $\frac{a}{d^n}$ à $\frac{a}{d^n} \times c_d$, ou plus simplement celui de 1 à c_d, c étant une fraction. Or, en prenant pour l'unité de distance celle à laquelle nous étions placés de nos timbres dans nos premières expériences, c'est-à-dire 6 mètres ; et en supposant que dans ce cas le son entendu dans une direction contraire à celle du vent fût d'un vingtième plus faible que celui que nous entendions dans la direction du vent, différence qu'il nous était à peu près impossible d'apprécier, on trouvera qu'à une distance de 420 mètres, et dans des circonstances d'ailleurs semblables, le premier de ces sons devait être trente-sept fois moins fort que le premier, ce qui suffit bien pour expliquer les différences que nous avons observées.

le son s'entend aussi bien ou même mieux dans une direction perpendiculaire que dans la direction même du vent, et que par conséquent celui-ci, loin de favoriser la propagation du son dans le sens dans lequel il souffle, comme on le pense généralement, la contrarie un peu. Le tableau suivant renferme les résultats de détail qui nous ont conduits à cette conclusion.

---

(1) M. Delaroche avait oublié de remplir, dans ses tableaux, les colonnes du thermomètre et du baromètre; j'y ai suppléé à l'aide du registre d'observations météorologiques de l'Observatoire. Les nombres que j'ai adoptés doivent être très-près de la vérité, l'auteur ayant donné l'heure de ses expériences, qui, si je ne me trompe, ont été faites dans la plaine d'Arcueil, à peu de distance de l'Observatoire, et presque au niveau du premier étage où se trouvent nos instrumens.

(Ar.)

DATES des EXPÉRIENCES.	Hauteur du therm.	Hauteur du barom.	INSTRUMENS sonores employés.	NOM de L'OBSERVATEUR.	DISTANCE de l'observateur aux timbres ou cloches. sur le vent.	dans une direction perpendiculaire au vent.	OBSERVATIONS DIVERSES.
		m.			mèt.	mèt.	
10 septembre.	17°	765	Timbres de 15 centim. de diam., munis d'un marteau frappant par sa chute	Dunal.	[illegible]	100	Le vent était faible, venant du nord. Le ciel était serein.
				Delaroche.	[illegible]	100	
14 septembre, à six heures.	14°	764	Les mêmes timbres.	Delaroche.	[illegible]	167	Le vent était médiocrement fort, venant de l'ouest. Le ciel était serein; mais il avait plu peu auparavant.
				Dunal.	[illegible]	167	
16 octobre, à quatre heures.	12°	745	Cloches du poids de 1,75 kilogr., frappées par un marteau à ressort.	Dunal.	[illegible]	170	Le vent était faible, venant du nord-est, le ciel serein. Dans les deux premières expériences, la cloche latérale était à l'est. Elle était à l'ouest dans la dernière.
				Delaroche.	[illegible]	170	
				Dunal.	[illegible]	171	
16 octobre, entre deux heures et quatre heures.	12°	745	Les mêmes cloches.	Dunal	442	422	Le vent était un peu plus fort que dans les expériences précédentes. Après la première observation, les cloches ont été substituées l'une à l'autre; elles l'ont été également après la troisième.
				Delaroche.	442	533	
				Dunal.	442	508	
				Delaroche.	442	422	
				Moyennes.	442	471	
3 novembre, entre deux heures et cinq heures.	8°	759	Les mêmes cloches.	Dunal.	625	550	Vent assez fort, venant du nord-ouest. Le temps était un peu pluvieux. Les cloches ont été substituées l'une à l'autre après la seconde observation.
				Delaroche.	625	663	
				Dunal.	625	837	
				Delaroche.	625	754	
				Moyennes.	625	701	

Je ne vois pas ce qui, dans ces expériences, aurait pu nous induire en erreur. Aussi n'ai-je presque aucun doute sur la conséquence que j'en tire pour les distances dans lesquelles elles ont été faites (1). Cette conséquence serait-elle également vraie pour des distances plus grandes? C'est ce que je ne puis affirmer, quoique je le regarde comme très-probable. Quelques expériences que j'avais entreprises pour m'en assurer, avec des cloches du poids de 25 kilogrammes, ont présenté des obstacles qui m'ont forcé à y renoncer; mais il est un fait qui, s'il a été bien observé, est propre à confirmer cette opinion. Quelques physiciens toscans ayant entrepris, d'après l'invitation de Derham et à la demande du Grand-Duc, une suite d'expériences afin de déterminer si on entendait aussi bien les bruits éloignés sous le climat chaud de l'Italie que dans les latitudes plus septentrionales, firent faire à plusieurs reprises, et par différens vents, des décharges d'artillerie sur les remparts de Livourne. Ils s'assurèrent qu'on en entendait le bruit à Porto-Ferajo, dans l'île d'Elbe, et que ce bruit était plus distinct par un temps calme que par un vent fort, soit qu'il fût contraire, soit qu'il fût favorable : or, la distance de ces deux villes est de soixante milles d'Italie, environ vingt-cinq lieues de poste (2).

(1) Il serait cependant possible que nous eussions obtenu des résultats différens, si les corps sonores eussent été élevés à une plus grande hauteur; mais je ne vois pas de raison de le présumer.

(2) Derham.

L'opinion que le vent favorise la propagation du son dans le sens duquel il souffle est si généralement adoptée, que je crains bien que celle que j'émets ici ne paraisse paradoxale à un grand nombre de personnes. Je crois cependant que, si l'on veut se donner la peine d'y réfléchir, on verra que l'opinion reçue n'est fondée sur aucun fait positif, et qu'elle tient probablement à ce que l'on a conclu avec quelque apparence de raison, que, puisqu'un vent contraire s'oppose à la production du son, un vent soufflant dans la même direction doit le favoriser. Je désire au reste vivement que l'on répète, en les variant, les expériences qui m'ont conduit au résultat que je viens de rapporter, et que l'on se mette ainsi à même de juger de son exactitude.

Pour compléter ces recherches, nous avons fait sur la loi de décroissement du son, dans une direction perpendiculaire à celle du vent, un petit nombre d'expériences pareilles à celles que nous avions faites dans la direction du vent et dans la direction opposée. Elles sont consignées dans le même tableau, et il en résulte que cette loi diffère peu de celle du décroissement dans la direction du vent.

Telles sont les diverses observations que nous avons faites relativement à l'influence que le vent exerce sur l'intensité avec laquelle le son se propage à distance. Nous avons eu occasion, dans le cours de nos expériences, d'en faire quelques autres sur les modifications que le son éprouve sous le même rapport par des causes que je crois étrangères au vent. Je vais indiquer quelques-unes de ces observations.

Lors même que le vent est le plus constant, l'intensité

avec laquelle on entend un son éloigné varie souvent presque instantanément : quelquefois le son devient presque nul; d'autres fois il devient extrêmement distinct. On n'observe aucune connexion entre ces variations et celles que le vent éprouve dans le même instant. Elles m'ont paru plus grandes lorsque le son s'entend dans la direction du vent, que lorsqu'il s'entend dans une direction perpendiculaire.

Lorsqu'il n'y a presque point de vent, ces variations sont encore plus marquées. Il m'est arrivé quelquefois d'entendre plus distinctement un même son à une distance donnée, que je ne l'entendais quelques momens auparavant à une distance deux ou trois fois moindre. J'ai observé une fois un fait bien singulier de ce genre : étant placé dans la même direction que deux timbres égaux, à cent pas de l'un et à trois cents de l'autre, j'ai entendu pendant quelques minutes ce dernier plus distinctement que le premier, sans que j'aie réussi à déterminer à quoi cela pouvait tenir (1).

(1) J'étais placé au-dessus des timbres ; le vent était extrêmement faible et venait du sud-ouest; les rayons visuels qui s'étendaient de moi au timbre le plus éloigné passaient un peu au-dessus du timbre intermédiaire, le terrain, à partir de ce dernier, s'élevant un peu jusqu'à l'endroit où j'étais placé. Après avoir entendu ainsi, pendant quelques minutes, le timbre le plus éloigné plus distinctement que l'autre, j'ai cessé tout-à-coup de l'entendre, ou du moins le son qu'il rendait est devenu presque insensible, celui du timbre intermédiaire restant à peu près le même; puis je l'ai entendu de nouveau aussi distinctement un moment après.

L'on entendait presque toujours les sons plus distinctement la nuit que le jour. Un grand nombre de personnes avaient fait avant nous cette observation, dont on a donné diverses explications. Suivant Zanetti (1), ce phénomène tient à l'augmentation que le froid de la nuit apporte dans la densité de l'air. Suivant la plupart des physiciens, il dépend, non de ce que l'intensité du son est réellement plus grande dans la nuit, mais de ce que l'on cesse alors d'entendre les bruits étrangers à celui que l'on écoute. M. de Humboldt a conjecturé que le courant ascendant qui s'établit dans l'air pendant le jour peut opposer à la propagation du son un obstacle qui cesse dans la nuit (2). Il me paraît bien douteux qu'aucune de ces explications soit suffisante pour rendre compte du phénomène qui nous occupe. La densité de l'air varie très-peu du jour à la nuit, du moins dans les cas ordinaires; et les bruits étrangers au son des cloches ou des timbres que nous employons dans nos expériences étaient trop faibles, en général, pour pouvoir exercer une grande influence sur la manière dont nous les entendions. M. de Humboldt a bien voulu me communiquer une observation qu'il a faite pendant son séjour sur les bords de l'Orénoque, et qui est très-propre à confirmer l'opinion que j'émets ici; savoir, qu'il entendait bien moins distinctement dans le jour que dans la nuit le bruit des cascades de cette rivière, et que cependant dans cet endroit, ainsi que dans la plupart des

(1) Comment. Bonon. vol. 1er, p. 173.

(2) Tableau de la Nature, vol. II, p. 216.

régions presque désertes de la zône torride, le jour semblait le moment du repos de toute la nature, tandis que la nuit ce repos était constamment troublé par le bourdonnement des insectes et par les cris des animaux sauvages. Enfin j'avoue que je ne comprends pas très-bien comment le courant ascendant qui a lieu pendant le jour peut s'opposer à la propagation du son dans une direction horizontale. A quoi peut donc tenir cette influence de la nuit sur la propagation du son? c'est ce que je ne puis expliquer en aucune manière. Peut-être que la modification dans l'état de l'atmosphère qui produit ce phénomène est du même genre que celle par laquelle on entend pendant le jour les sons éloignés plus distinctement dans certains momens que dans d'autres; peut-être aussi que l'état hygrométrique de l'air ou son état électrique occasionent ces variations : mais je manque de données suffisantes pour rien avancer à cet égard (1).

(1) L'on doit à Derham quelques observations sur les causes qui font varier l'intensité du son entendu à distance. Je vais les indiquer ici.

Les sons se font entendre plus distinctement en hiver, et surtout pendant la gelée, qu'en été.

On les entend plus distinctement par les vents du nord, même lorsque ceux-ci sont contraires, que par d'autres vents; mais cela n'est pas constant. — (Je doute beaucoup de la justesse de cette observation.)

Les variations dans l'intensité du son n'ont aucun rapport avec celles du baromètre.

En général, les sons diminuent d'intensité par un temps

Je terminerai ce Mémoire en récapitulant les principales observations qu'il renferme.

1°. Le vent n'exerce presque point d'influence sensible sur les sons entendus à de petites distances, six mètres, par exemple.

2°. Lorsque la distance est plus grande, le son s'entend beaucoup moins dans la direction contraire au vent que dans celle du vent lui-même. La différence paraît d'autant plus grande proportionnellement, que la distance l'est elle-même davantage.

Du rapprochement de ces deux propositions, il résulte : 1°. Que la loi du décroissement du son n'est pas la même dans la direction du vent que dans celle qui lui est opposée.

2°. Que l'influence du vent sur le son ne s'exerce pas plus sur le lieu où celui-ci est produit, que sur tous les points de trajet qu'il parcourt.

3°. Le son s'entend un peu mieux dans une direction perpendiculaire à celle du vent que dans cette dernière.

4°. Des causes étrangères au vent, et dépendant des modifications de l'atmosphère, ont une très-grande influence sur la facilité avec laquelle le son se propage à distance.

---

humide et pluvieux, et en augmentent par un temps serein : cela n'a cependant pas toujours lieu.

Les brouillards épais diminuent beaucoup l'intensité du son.

Lorsqu'il neige ou qu'il est tombé de la neige depuis peu, les sons deviennent beaucoup moins distincts ; ils reprennent leur éclat lorsque la neige est ancienne, et recouverte d'une croûte de glace.

TABLE

Servant de complément à celle que M. VAUQUELIN *a publiée dans le* tome LXXVI *des* Annales de Chimie, *page* 260, *pour faciliter l'évaluation de l'Acide sulfurique étendu d'eau, et réduit à divers degrés de l'aréomètre.*

PAR M. D'ARCET.

L'ART du blanchiment au moyen de la dissolution de chlore, la fabrication de la soude factice, la purification des huiles à brûler, les opérations de teinture, la fabrication de l'alun, celle des deuto-sulfates de fer et de cuivre, etc., ont rendu l'emploi de l'acide sulfurique si commun, que la fabrication et la vente de cet acide forment maintenant une des branches les plus considérables du commerce des produits chimiques. Beaucoup de fabricans font usage de l'acide sulfurique non concentré, n'ayant environ que 1532 de pesanteur spécifique (50° de l'aréomètre de Baumé), c'est-à-dire, tel qu'il sort des chambres de plomb; quelques autres l'emploient après sa concentration dans des chaudières de plomb, où il est porté jusqu'à 1717 de pesanteur spécifique (60°); d'autres enfin sont obligés de ne s'en servir que lorsqu'il a atteint le plus haut degré de concentration. Il est donc utile de donner au commerce des moyens faciles d'estimer la valeur de l'acide sulfurique que livrent les fabricans, et dont la concentration doit varier selon les besoins de l'acheteur. Ces moyens deviennent d'autant plus avantageux, qu'ils mettent à même

le consommateur de doser juste ses mélanges lorsqu'il connaît bien la quantité d'acide concentré qu'il faut employer, et qu'il veut y substituer de l'acide sulfurique à différentes densités.

M. Vauquelin a senti l'utilité de ce travail, et a publié une table exprimant les quantités d'acide sulfurique concentré à 1842 de pesanteur spécifique (66°), qui se trouvent unies à l'eau pour constituer l'acide sulfurique marquant des degrés inférieurs à l'aréomètre. Cette table a déjà rendu de grands services aux fabricans et aux consommateurs d'acide sulfurique; mais M. Vauquelin n'a donné que les résultats des expériences faites sur des acides différant entre eux de 5° de densité, et a indiqué de s'en rapporter au calcul pour trouver les termes intermédiaires. J'ai cru utile de remplir cette lacune, au moins pour les degrés auxquels l'acide sulfurique s'emploie le plus ordinairement. La table qui suit n'est donc qu'un complément de celle de M. Vauquelin. Elle a été faite avec soin; les résultats y sont déterminés par un assez grand nombre d'expériences pour pouvoir en garantir l'exactitude. Ils ont d'ailleurs été contrôlés, d'abord par quelques-uns de ceux donnés par M. Vauquelin, et ensuite par les nombres qui forment la table insérée dans le tome II, p. 444, de l'ouvrage anglais publié par Parkes, et ayant pour titre : *Chemical Essays*, *etc. London*, 1815.

Cette dernière table, beaucoup plus complète que celle de M. Vauquelin, est cependant loin d'en avoir l'utilité. Il faudrait, pour la rendre applicable en France, en recalculer tous les nombres, parce que l'auteur a employé dans ses expériences de l'acide sulfurique à 1849 de pesanteur spécifique, tandis que l'acide sulfurique concen-

tré qui sort de nos fabriques ne se trouve au plus à l'eau que dans le rapport de 1844 à 1000. J'ajouterai, en outre, qu'une grande partie des résultats annoncés par M. Parkes lui ont été fournis par le calcul, ce qui laisse quelque doute sur leur exactitude, surtout en fait de commerce, où la moindre erreur peut causer des pertes considérables, par rapport aux grandes quantités d'acide qui se vendent ou qui s'achètent à la fois.

TABLE

Pour l'évaluation de l'Acide sulfurique non concentré.

DEGRÉS de l'aréomètre de Baumé.	PESANTEURS spécifiques.	QUANTITÉS d'acide sulfurique à 65° par quintal.	OBSERVATIONS.
45°	1454	58,02	L'acide sulfurique employé marquait 66° à l'aréomètre de Baumé, ou 1844 de pesanteur spécifique.
46°	1466	59,85	
47°	1482	61,32	
48°	1500	62,8	
49°	1515	64,37	
50°	1532	66,45	
51°	1550	68,03	On a toujours opéré à 12° du thermomètre de Réaumur, ou à 15° centigrades.
52°	1566	69,3	
53°	1586	71,17	
54°	1603	72,7	
55°	1618	74,32	
60°	1717	82,34	

NOTE

Sur un Phénomène remarquable qui s'observe dans la diffraction de la lumière.

Lue à l'Institut, le 26 février 1816, par M. Arago.

La Classe nous a chargés, M. Poinsot et moi, de lui rendre compte d'un Mémoire sur la diffraction de la lumière, qui lui a été présenté par M. Fresnel, ancien élève de l'École Polytechnique, et actuellement ingénieur des ponts et chaussées. Je me suis occupé, autant que l'état du ciel l'a permis, de la vérification des lois auxquelles cet habile physicien a été conduit, et qui me semblent destinées à faire époque dans la science. Dans peu, ce travail sera complet, et j'en présenterai une analyse détaillée à la Classe; mais, en attendant, j'ai cru devoir extraire de mes observations un fait qui me paraît nouveau, et qui, rattaché à la théorie que M. Fresnel développe dans son Mémoire, semble devoir conduire à des conséquences importantes.

Lorsqu'un corps opaque est placé dans un faisceau de lumière, son ombre est bordée à l'extérieur de bandes de diverses nuances et de diverses largeurs. Ces bandes ont été étudiées par Newton, dans le 3e livre de son Optique; mais ce célèbre physicien ne parle pas des bandes non moins remarquables qui se forment dans l'intérieur de l'ombre des corps déliés, quoique Grimaldi en eût déjà donné une description détaillée dans son ouvrage, et il affirme même positivement qu'aucune lumière ne pénètre dans l'ombre géométrique. L'inexactitude de ce résultat

fut suffisamment prouvée par Maraldi et Delisle, qui, du reste, n'ajoutèrent rien de saillant à ce que Grimaldi avait découvert long-temps avant. Tel était l'état de nos connaissances sur cette question délicate, lorsque le docteur Thomas Young fit l'expérience très-remarquable qui se trouve consignée dans les Transactions philosophiques pour 1803, et d'où il résulte que, pour faire disparaître la *totalité* des bandes qui se forment *dans l'intérieur* de l'ombre d'un corps, il suffit d'arrêter, avec un écran *opaque*, la portion de lumière qui *vient* de raser ou qui *va* raser L'UN SEUL des deux bords, et quoique les rayons qui passent près du bord opposé puissent continuer leur course comme précédemment.

L'expérience qui fait l'objet de cette note consiste en ceci : que, pour faire disparaître également la totalité des bandes intérieures, on peut substituer un verre *diaphane* et à faces parallèles à l'écran *opaque* du physicien anglais. M. Young avait montré que la production des bandes colorées intérieures nécessite le concours des deux faisceaux blancs infléchis dans l'ombre par les deux bords du corps. Ce que je viens de dire prouve, de plus, que ces faisceaux ne fournissent de bandes que lorsqu'ils se rencontrent sous certaines circonstances particulières ; et ce qui semble ne laisser aucun doute sur la nature de ces circonstances, c'est qu'en employant des écrans diaphanes de plus en plus épais, on arrive par degrés au terme de la disparition. Ainsi des lames très-minces de verre, soufflées au chalumeau, n'éteignent pas les bandes intérieures, mais les déplacent toutes de un, de deux, de trois, etc., intervalles, suivant qu'elles ont plus ou moins d'épaisseur. J'ai trouvé des lames de mica qui les trans-

portaient sur l'espace qu'occupent les bandes extérieures ordinaires, et ceci conduit à penser que les verres plus épais, placés d'un seul côté du corps, ne les font disparaître qu'en les transportant dans l'espace éclairé par la lumière non infléchie. Les bandes intérieures sont, à toutes distances, symétriquement placées de part et d'autre du centre de l'ombre. Celles qui se forment sous l'influence de la petite lame de verre sortent plus ou moins de l'ombre, suivant qu'on les reçoit plus ou moins loin du corps, et se rapprochent toujours du bord auquel la lame est adaptée. Un verre, de quelque épaisseur qu'il soit, ne nuit point à la formation des bandes intérieures s'il déborde le corps opaque des deux côtés, de sorte que les rayons infléchis en dedans aient eu la même épaisseur de verre à traverser. Deux verres inégalement épais, placés des deux côtés du corps, agissent comme une lame unique d'une épaisseur égale à leur différence.

Toutes les circonstances de cette expérience s'expliquent très-bien dans la théorie que M. Fresnel a adoptée; mais, pour cela, il faudrait admettre que la lumière se meut plus lentement dans le verre que dans l'air. Telle serait alors, à la vérité, la liaison des faits, qu'on pourrait facilement évaluer la perte de vitesse pour chaque épaisseur de verre, ou de tout autre milieu quelconque, en fonction d'une ondulation aérienne prise pour unité. Je puis même ajouter que M. Fresnel devina l'effet qu'avait dû produire l'interposition d'une lame mince, lorsque je lui eus fait part seulement des phénomènes que présente un verre épais. Ce sera aussi dans la même théorie qu'il faudra chercher, sans doute, l'explication des bandes diffractées singulières et de diverses nuances,

qui se forment dans le voisinage des petites stries qu'on remarque sur les lames de mica, et dans d'autres circonstances analogues.

Extrait des Séances de l'Institut.

Séance du lundi 5 *février* 1816.

M. Biot lit une lettre de M. Seebeck, relative à de nouvelles observations qu'il a faites sur la lumière.

M. Bouvard annonce que M. Pons a découvert, à Marseille, une nouvelle comète très-faible, dans le voisinage du pôle (1).

MM. Ampère, Girard et Poisson font le rapport dont la Classe les avait chargés, sur un Mémoire de M. Hachette, relatif à l'*écoulement des fluides par des orifices*

---

(1) L'extrême faiblesse de la lumière de cette comète n'a permis de l'observer que très-rarement, et d'une manière très-imparfaite. Toutefois, en réunissant une observation faite à Paris, par MM. Bouvard et Arago, à quelques observations de Marseille, M. Burckardt a trouvé, par une première approximation, les élémens suivans, dont les astronomes pourront se servir au besoin pour chercher l'astre après son passage par le périhélie :

Inclinaison.	43° 5′ 26″
Nœud ascendant	323° 14′ 56″
Longitude du périhélie.	267° 35′ 36″
Distance périhélie . . .	0, 048503
Passage au périhélie. . .	1[er] mars 1816 à 8 h. 27′.
Sens du mouvement. . .	direct.

en mince paroi, et par des ajutages appliqués à ces orifices.

Le travail de M. Hachette peut être divisé en trois parties : l'une a pour objet la mesure de la contraction de la veine fluide dans le cas d'une mince paroi ; l'autre traite de la cause des singuliers phénomènes que présentent les ajutages cylindriques ou coniques ; enfin dans la troisième, l'auteur décrit la figure de la veine fluide, et les variations qu'elle éprouve pour différentes formes de l'orifice.

Première partie. C'est un principe généralement admis, qu'à pression égale et l'aire de l'orifice restant la même, la dépense ne varie pas. M. Hachette en a vérifié l'exactitude dans le cas où l'orifice est circulaire, triangulaire, elliptique, ou formé d'un arc de cercle et de deux lignes droites ; mais il trouve des produits différens en plus ou en moins, lorsque le contour de l'orifice présente des angles rentrans.

Pour mesurer la quantité de la contraction de la veine liquide, l'auteur s'est servi de la méthode prescrite par D. Bernouilli. Le Mémoire renferme les résultats de vingt-huit expériences faites sur des hauteurs d'eau comprises entre 135 et 888 millimètres, et pour des orifices dont les diamètres variaient depuis 1 jusqu'à 41 millimètres. La moindre contraction observée répond au plus petit diamètre : elle est de 0,78. Pour les diamètres au-dessus de 10 millimètres, la contraction devient presque constante ; elle reste comprise entre 0,60 et 0,63. A égalité d'orifice, elle augmente un peu avec la hauteur du fluide ; il ne paraît pas qu'elle varie avec la direction du jet.

Newton évaluait la contraction à 0,70 ; Borda la sup-

posait de 0,60, et même dans quelques cas de 0,50. Sans doute d'aussi grandes discordances tiennent à la grandeur des orifices et aux pressions employées; mais une autre cause que M. Hachette indique, et que D. Bernouilli avait déjà aperçue, est la forme de la surface dans laquelle l'orifice est percé. Suivant l'auteur, la dépense est la plus petite, toutes choses d'ailleurs égales, lorsque la paroi en contact avec le fluide est convexe; la dépense augmente quand la paroi devient plane, et augmente encore si la paroi se change en une surface concave.

Deuxième partie. Le phénomène de l'augmentation de dépense par des ajutages cylindriques ou coniques était déjà connu des Romains. Polini, au commencement du siècle dernier, et Venturi, dans un ouvrage imprimé en 1797, en ont fait l'objet d'un examen particulier. Ce dernier, par exemple, a montré qu'en adaptant à un vase un ajutage cylindrique terminé par deux cônes dont il a fixé la dimension, on pouvait augmenter la dépense dans le rapport de 12 à 5. Cette augmentation tient, sans le moindre doute, à ce que le fluide coule à plein tuyau dans l'ajutage, ce qui fait disparaître la contraction de la veine, et la change même en une dilatation dans le cas des ajutages coniques; mais jusqu'à présent on n'a pas expliqué d'une manière satisfaisante pourquoi le liquide remplit ainsi le tuyau qu'on adapte à un orifice en mince paroi. M. Hachette en trouve la cause unique, ou du moins la cause principale, dans l'adhésion du fluide aux parois de l'ajutage, c'est-à-dire dans la force qui produit les phénomènes capillaires.

Le mercure parfaitement pur coule dans un ajutage en

fer, comme il le ferait dans un orifice en mince paroi : quand au contraire le mercure était sali par un alliage d'étain qui étamait l'intérieur du tuyau, la contraction de la veine disparaissait. Dans un ajutage enduit de cire parfaitement sèche, l'eau s'échappait comme en mince paroi ; mais elle coulait à plein tuyau aussitôt qu'on était parvenu à lui faire mouiller la cire, car alors l'enduit se trouve, pour ainsi dire, remplacé par la première couche d'eau qui s'y est attachée.

Dans le vide ou dans l'air raréfié jusqu'à un certain degré, le phénomène des ajutages cesse d'avoir lieu. Ainsi l'eau coulant à plein tuyau sous le récipient d'une machine pneumatique, l'auteur a vu la veine fluide se détacher des parois de l'ajutage lorsque la pression intérieure a été réduite à $0^m,23$, la pression extérieure étant $0^m,76$. En diminuant ainsi la pression intérieure, on augmente évidemment l'effet de la pression extérieure, qui se transmet à l'ajutage par l'intermédiaire du fluide contenu dans le vase, et il arrive un moment où cette pression, ajoutée à celle de la colonne liquide, est assez grande pour détacher la veine fluide des parois de l'ajutage, de même qu'une force suffisante détache un disque de la surface du fluide à laquelle il était adhérent. Ce qui semble confirmer la justesse de cette explication, c'est que si après avoir détaché la veine, comme nous venons de le dire, par la raréfaction de l'air, on fait rentrer l'air sous le récipient, l'eau ne recommence pas à couler à plein tuyau, en sorte que la contraction de la veine qui s'était formée dans l'air raréfié continue à subsister, quoique la tension barométrique intérieure soit redevenue la même qu'auparavant. Ceci conduisit à penser que l'adhésion du fluide et de la

paroi de l'ajutage se produisait dans le premier instant du mouvement, et quelques expériences directes montrèrent la vérité de cette conjecture.

Dans la troisième partie du Mémoire, M. Hachette donne la description des différentes formes que présente la veine fluide pour différentes figures de l'orifice. Les dessins, construits sur une grande échelle, ont été faits d'après les procédés de la géométrie descriptive, par M. Girard, dessinateur, et M. Olivier, ancien élève de l'École Polytechnique.

Au nom d'une commission, M. Prony lit un rapport sur plusieurs machines exécutées à Rochefort par M. Hubert, officier de génie maritime, et décrites par M. Dupin.

La première est un *dynamomètre pour éprouver la force des cordages et des toiles à voiles*. Cette machine, très-simple, a été adoptée par le ministre de la marine; elle fait connaître les efforts supportés par le cordage en expérience, non-seulement lorsqu'il se casse, mais dans tous les instans qui précèdent celui de la rupture.

Le produit des machines hydrauliques mises en mouvement par des axes tournans, est en général proportionnel au nombre de tours de ces axes, nombre qu'il est par conséquent essentiel de connaître pour évaluer, tant les effets des machines que le salaire des travailleurs. La deuxième machine de M. Hubert est une simplification heureuse des moyens dont on s'était anciennement servi *pour compter les tours que fait un axe se mouvant dans des colliers fixes*.

M. Dupin dit, dans son Mémoire, que la tarière perfectionnée que M. Hubert emploie pour forer *les parcs à*

boulet, à l'usage des bâtimens de guerre, économise la moitié de la force motrice que nécessitaient les anciens procédés.

La machine à *percer dans le bois les trous cylindriques*, du même auteur, a pour objet principal d'expulser les copeaux que l'outil a formés depuis le commencement de l'opération, sans qu'il soit nécessaire de le retirer ni même d'arrêter son mouvement.

M. Hubert s'est aussi occupé avec beaucoup de succès de la construction *des dez métalliques*, qu'on a adaptés aux poulies pour diminuer le frottement considérable que l'essieu exercerait sans cela sur le bois, ainsi que des moyens *de mortaiser les caisses des poulies*, ce qui est une des parties les plus difficiles du travail de la fabrication de ces machines.

La septième machine soumise à l'examen de la commission, est un *moulin à draguer*. Les eaux de la *Charente* tiennent continuellement dans leur cours de la vase en suspension, qui se dépose partout où la vitesse de ces eaux est ralentie, comme, par exemple, dans les avant-cales des vaisseaux, à Rochefort, qu'on est obligé de laver tous les jours à la marée basse ; mais l'inconvénient de l'envasement se fait surtout sentir à l'avant-bassin. La Charente y dépose à chaque marée une couche d'environ 7 millimètres, et en peu de temps ces couches accumulées s'élèvent à une hauteur telle que les portes des formes en sont complètement obstruées. On employait autrefois les bœufs pour traîner une drague destinée au curage de ces vases ; mais ce travail durait plusieurs mois, et coûtait de vingt à vingt-cinq mille francs. Le prix d'un seul curage, tel qu'on l'exécutait anciennement, a suffi

pour payer les frais de la machine que M. Hubert a fait construire, et le modique salaire de deux condamnés, chargés de la surveillance du moulin, remplace la dépense que faisait autrefois cinquante-six bœufs et leurs conducteurs. Dans les intermittences des curages, la machine à draguer sert comme laminoir et comme moulin à broyer les couleurs avec lesquelles on peint l'intérieur et l'extérieur des vaisseaux. M. Hubert a encore réuni aux machines précédentes, dans le même emplacement, un tour à tourner les essieux des poulies.

Séance du 12 février 1816.

M. Proust est nommé membre de la Classe, dans la section de chimie, en remplacement de M. Guyton-Morveau, décédé.

M. Biot communique une lettre de M. Blagden, qui annonce qu'on a lu à la Société royale un Mémoire portant que, lorsqu'on a coupé les nerfs qui vont à l'estomac, un courant galvanique transmis à travers cet organe rétablit la digestion. M. Blagden ajoute que les expériences qu'on avait déjà tentées pour vérifier le fait n'avaient pas encore conduit à des résultats satisfaisans(1).

---

(1) Depuis la lecture de la lettre de M. Blagden, M. Magendie a annoncé à l'Institut que la section des deux huitièmes paires ne fait pas cesser la digestion : au lieu de couper les nerfs au cou comme on l'a fait jusqu'ici, M. Magendie les coupe dans la poitrine, au-dessus du diaphragme, afin de laisser intacte la respiration. En suivant ce procédé, le chyme et le chyle se forment en abondance, et à peu près aussi promptement que dans l'état ordinaire, quoique les nerfs de la huitième paire aient été précédemment divisés.

M. Humboldt présente une planche coloriée de la *Cryptogamia æquinoxialis Americæ*, qu'il publie en ce moment à Londres, conjointement avec M. Hooker. Cet ouvrage formera un volume in-4°, renfermant trois cents espèces de mousses et de lichens, etc.

M. Verdier présente, au nom de M. Franzini, le Routier des côtes du Portugal; il est renvoyé à l'examen d'une commission.

M. de Lamarck fait un rapport très-détaillé sur un Mémoire de M. Savigny, relatif *à la classification des animaux composés*.

M. Suremain-Missery lit la préface d'un ouvrage manuscrit de sa composition, ayant pour titre : *Géométrie des Sons*, ou *Principes d'Acoustique pure et de Musique théorique*. Une commission examinera cet ouvrage.

Séance du lundi 19 *février* 1816.

M. Biot donne communication de deux lettres, dans lesquelles M. Seebeck annonce que, par la simple pression, on peut donner à des corps, même solides, le genre de texture qui les rend propres à dépolariser diversement les rayons de différentes couleurs. Ainsi une plaque épaisse de verre qui ne présentait aucune trace de cristallisation, pressée dans un étau et traversée ensuite par un faisceau polarisé, donnait naissance à ces figures que M. Seebeck appelle *entoptiques*, et qui sont analogues à celles qu'on aperçoit dans un verre refroidi rapidement.

A cette occasion, M. Biot dépose deux feuilles imprimées de l'ouvrage qu'il va publier, et dans lesquelles il dit avoir établi déjà une théorie semblable à celle du physicien allemand.

M. Dubourguet lit un Mémoire sur la densité moyenne de la terre, et un autre sur la théorie des pendules composés. L'objet du premier nous a paru être de corriger quelques erreurs qui, suivant l'auteur, se sont glissées dans le calcul de la fameuse expérience de Cavendish. Nous en rendrons compte lorsque les commissaires que la Classe a nommés auront fait leur rapport.

La Classe se forme en comité secret pour discuter le mérite des candidats qui se présentent pour remplir la place vacante par la mort de M. Tenon.

Séance du lundi 26 *février* 1816.

M. Legendre présente un exemplaire de son supplément à l'essai sur la théorie des nombres.

M. Arago lit une note où il rend compte de quelques expériences nouvelles sur la lumière (*Voyez* plus haut, page 200).

M. Duméril est nommé au second tour de scrutin pour remplir, dans la section d'anatomie et de zoologie, la place vacante par la mort de M. Tenon.

M. Brongniart, au nom d'une commission, fait un rapport sur un Mémoire qui a pour titre : *Essai géognostique sur l'Erzbirge*, c'est-à-dire sur les montagnes métallifères de la Saxe, par M. de Bonnard, ingénieur en chef au corps royal des mines.

On a principalement remarqué, dans ce travail descriptif très-étendu, 1° la preuve que le granit de Freyberg est, contre l'opinion de M. Stroem, et comme tous les géologues l'ont pensé jusqu'à ce jour, le noyau sur lequel s'appuie le gneiss et les autres roches de ce canton; 2° des observations sur les gisemens des Eurites (*weiss-*

tein des minéralogistes allemands), qui concourent, avec celles qui ont été faites par M. Pustch, à prouver que cette roche constitue une formation particulière inférieure au gneiss; 3° les recherches que l'auteur a faites en même temps que M. de Raumer, et d'où il résulte que le granit de Dohna est supérieur à des schistes argileux qui alternent avec des psammites (*grauwake*), et qu'il est, par conséquent, d'une formation postérieure à celle de plusieurs roches de transition, qui, dans quelques circonstances et dans d'autres lieux, renferment des débris de corps organisés.

MM. Pinel et Hallé font leur rapport sur un ouvrage que M. Chaussier est sur le point de publier, et intitulé : *Recueil de Mémoires, Consultations et Rapports sur divers objets de médecine légale.* « En général, on « peut dire que le Recueil de M. Chaussier est comble « d'instruction ; qu'il est remarquable par l'importance « des recherches, la sagacité des raisonnemens, la pré- « cision du discours ; qu'il est presque partout intéres- « sant, et pour la science anatomique, et pour l'art du « médecin, et pour l'intérêt de la société. » (Ce sont les propres expressions des commissaires.)

MM. Pinel, Biot et Hallé font un rapport sur le premier volume du *Précis élémentaire de physiologie* de M. Magendie, qui depuis a été publié.

Le rapporteur (M. Hallé) cite, dans l'analyse de l'ouvrage, un grand nombre d'objets « traités avec beaucoup « de sagacité et un esprit vraiment philosophique. » Cet ouvrage, ajoute-t-il, « remplit son but, et, réuni aux « belles tables synoptiques de M. Chaussier, il présen- « tera aux jeunes gens les premiers fondemens d'une

« instruction pure, sur lesquels peut s'élever l'édifice « d'une physiologie exacte, dégagée de vaines hypo- « thèses, et fondée solidement sur l'expérience et l'ob- « servation. »

Sur les Phosphites.

M. Berzelius paraît disposé à admettre que les phosphites ne sont point analogues aux sulfites, parce que, d'après les expériences de Fourcroy et M. Vauquelin, ils se changent en phosphates neutres par l'action de la chaleur, quoiqu'ils laissent dégager une partie de leur phosphore. Ces sels présenteraient, suivant cet habile chimiste, à l'égard du phosphore, le même phénomène que les chlorates à l'égard de l'oxigène; et, d'après cela, il regarde comme vraisemblable que l'acide phosphoreux doit contenir l'oxigène dans le même rapport à celui de la base que l'acide phosphorique. (*Ann. de Chim.*, t. LXXX, p. 9.)

Il ne serait point extraordinaire que les phosphites pussent perdre une partie de leur phosphore en se changeant en phosphates, sans que leur neutralité fût altérée; car les sulfites sulfurés peuvent abandonner la moitié de leur soufre sans devenir acides ou alcalins; mais les faits sur lesquels M. Berzelius s'appuie ne conduisent pas à cette conclusion.

M. Vauquelin, en parlant de la décomposition des phosphites par le feu (*Journ. de l'Ecole polytechnique*, t. I, p. 655), dit seulement qu'ils fournissent à la distillation une petite quantité de phosphore, et il ne parle point de leur neutralité. Pour suppléer à cette omission, j'ai préparé de l'acide phosphoreux par la combustion

lente du phosphore, et je l'ai neutralisé avec la potasse. Le sel a ensuite été mis dans une cornue portant un tube plongeant dans l'eau, et j'ai chauffé rapidement. Après la volatilisation de l'eau, il s'est dégagé du gaz hydrogène en abondance, contenant très-peu de phosphore, car il ne s'enflammait point spontanément; son odeur alliacée était très-faible, et la flamme était peu blanche. Je n'ai point aperçu dans le col de la cornue, ni dans le tube, la plus légère trace de phosphore. Le sel restant, dissous dans l'eau, était légèrement alcalin; mais j'attribue cet effet à la petite quantité de phosphore qui s'est dégagé avec l'hydrogène; car le phosphite, traité par l'acide nitrique et évaporé à siccité, donne un phosphate neutre. De cette expérience, que j'ai répétée plusieurs fois, et qui montre clairement que l'eau a été décomposée, je conclus que les phosphites se changent en phosphates, sans altération de neutralité, lorsque l'acide phosphoreux est converti en acide phosphorique.

Le phosphate de potasse que j'ai obtenu par la décomposition du phosphite ne s'est dissous dans l'eau qu'avec difficulté, et il a fallu employer une grande quantité de liquide : c'est le sel qu'on a désigné par le nom de *phosphate insoluble de potasse*. En évaporant la dissolution pour la faire cristalliser, j'ai remarqué avec surprise qu'il ne s'y formait point de cristaux, quoiqu'elle eût été successivement réduite en consistance sirupeuse, et elle se mêlait très-bien avec l'eau. Le phosphate paraissait donc avoir changé de nature, puisque, de peu soluble qu'il était d'abord, il avait acquis une grande solubilité. Pour m'en assurer, je l'ai calciné dans un creuset de platine, et il s'est de nouveau dissous dans l'eau avec beaucoup

de difficulté. Voici l'explication qui me paraît convenir à ce phénomène. Le phosphate de potasse est très-soluble lorsqu'il est désagrégé ; en le desséchant fortement, ses molécules s'agrégent, et l'eau ne peut alors les dissoudre qu'avec difficulté ; mais, une fois qu'elle a vaincu leur cohérence, elle les retient facilement en dissolution. Ce phénomène est tout-à-fait semblable à celui que présente l'alumine. Récemment précipitée, elle se résout facilement dans tous les acides ; calcinée, elle ne se dissout pas même dans les plus puissans. Ces observations me paraissent démontrer qu'on ne doit point regarder le phosphate de potasse peu soluble comme un sel particulier ; elles expliquent aussi très-bien celles de M. Darracq. (*Ann. de Chimie*, t. XL, p. 177.) G.-L.

Sur le Calorique des combinaisons.

On a énoncé, comme principe trop général, qu'un composé devait contenir moins de calorique que ses composans ; ou, en d'autres termes, que toutes les fois que deux corps se combinent, il se dégage du calorique. On a reconnu, il est vrai, que, pendant la combinaison d'un solide avec un liquide, il se produit souvent du froid, comme cela arrive dans la fusion de la glace par un grand nombre de corps ; mais on en a trouvé l'explication dans la chaleur latente nécessaire pour produire le changement d'état. On a aussi remarqué que la détonation de la poudre donnait lieu à un dégagement de calorique considérable, quoiqu'il se développe des fluides élastiques ; mais ce fait n'a encore rien de surprenant, si l'on considère qu'il se forme de l'acide carbonique, du sulfure, du

sulfate et du carbonate de potasse, et que ces divers produits sont plus stables que l'acide nitrique et le nitre; car on peut dire que les élémens tendent à un équilibre de plus en plus stable, qui est celui où ils sont le plus rapprochés, et qui exige qu'ils aient dégagé la plus grande quantité possible de chaleur, relativement à leur affinité. Ainsi ces divers faits ne sont point contraires au principe énoncé, parce qu'on n'a pas déterminé avec assez de précision la chaleur absorbée ou dégagée dans les combinaisons précédentes et celle qui y reste engagée; mais je vais réunir plusieurs observations qui prouvent que les composés peuvent retenir quelquefois plus de calorique que les composans. Une dissolution saturée de nitrate d'ammoniaque a la température de 16°,3, et dont la densité était de 1,302, a été mêlée avec de l'eau dans la proportion de 44^g,05 à 33^g,76; la température du mélange a baissé de 4°,95, et sa densité a été trouvée à la température de 16°,3, de 1,159, tandis que la densité moyenne est seulement 1,151.

En ajoutant de l'eau au mélange précédent, dans la proportion de 33^g,64 à 39^g,28, il y a encore eu un abaissement de température de 1°,9, et la densité du nouveau mélange s'est trouvée de 0,003 plus grande que la moyenne. Beaucoup d'autres dissolutions salines présentent le même résultat que le nitrate d'ammoniaque, mais à un degré plus faible.

Le chlorure d'azote, découvert par M. Dulong, donne en se décomposant et en se réduisant en deux corps simples, le chlore et l'azote, de la chaleur et de la lumière.

L'iodure d'azote, en se réduisant en iode et en azote, donne aussi de la chaleur et de la lumière.

L'euchlorine, qui détonne constamment à une température qui n'excède jamais 100°, produit, en se réduisant en chlore et en oxigène, une vive lumière et beaucoup de chaleur.

Il semblerait qu'on pourrait conclure que la capacité de ces divers composés doit être plus grande que la capacité moyenne de leurs composans ; mais cette conclusion ne serait pas exacte, car on peut affirmer aujourd'hui que la capacité d'un composé ne dépend pas de la quantité absolue de chaleur qu'il renferme. G.-L.

Sur l'emploi du Sulfate de soude dans la fabrication du Verre.

PAR M. GEHLEN.

(Extrait du Journal de M. SCHWEIGER, vol. XV, p. 89.)

M. GEHLEN, qu'une mort prématurée a enlevé à la chimie, qu'il cultivait avec succès, s'était beaucoup occupé de la fabrication du verre, en employant le sulfate de soude comme fondant. Ce n'est point le sel qui se vitrifie avec la silice, mais bien la soude qui abandonne l'acide sulfurique à une température élevée, à cause de l'action chimique que la soude et la silice exercent l'une sur l'autre. D'après un grand nombre d'essais, M. Gehlen a trouvé que les proportions suivantes étaient les meilleures :

100 sable.
50 sulfate de soude sec.
17 à 20 chaux vive, en poudre sèche.
4 charbon.

Cette composition donne toujours, sans l'addition d'aucun autre fondant, un très-beau verre pour la gobeletterie ou les glaces ; et on ne remarque plus ni l'odeur sulfureuse, qui était quelquefois assez vive pour incommoder les ouvriers, ni le boursoufflement extraordinaire qui se manifestait dans les pots lorsqu'on employait d'autres proportions.

D'après ses nombreuses observations, M. Gehlen énonce les résultats suivans :

1°. Le sulfate de soude peut être employé dans la fabrication du verre sans l'addition d'aucun autre fondant salin : le verre qui en résulte est aussi beau que celui fait avec les matières ordinaires, et il possède toutes les propriétés du verre de soude.

2°. Le sulfate de soude ne se vitrifie seul avec la silice que très-imparfaitement, même à un feu très-long-temps soutenu. Par l'intermède de la chaux, la vitrification réussit mieux, mais pas dans la proportion du temps et du combustible qu'il faut employer.

3°. La vitrification s'opère au contraire en peu de temps, et d'une manière parfaite, par le moyen d'une substance qui décompose l'acide sulfurique du sulfate de soude, et détruit ainsi l'affinité puissante qui empêchait la soude d'agir sur la silice. C'est le charbon qui remplit le mieux cet objet : cependant, dans la préparation du cristal, il peut être remplacé par du plomb métallique.

4°. Cette décomposition du sulfate de soude peut être effectuée pendant la vitrification même, ou avant. Des circonstances locales peuvent déterminer dans le choix de l'un ou de l'autre de ces procédés ; mais l'emploi du dernier ne présente nulle part aucune difficulté.

Pesanteurs spécifiques des Fluides élastiques, celle de l'air étant prise pour l'unité.

NOMS des fluides élastiques.	DENSITÉS déterminées par exp.	DENSITÉS calculées.	NOMS DES OBSERVATEURS.
Air	1,0000		
Vapeur d'iode		8,6195	Gay-Lussac, Ann. de Chimie, v. XCI, p. 17.
Vapeur d'éther hydriodique	5,4749		Gay-Lussac.
Vapeur d'essence de térébenthine	5,0130		Gay-Lussac.
Gaz hydriodique	4,4450	4,4288	Gay-Lussac, Ann. de Chimie, v. XCI, p. 16 et 17.
Gaz fluo-silicique	3,5735 (1)		John Davy, Trans. phil., 1812, p. 354.
Gaz chloroxicarbonique		3,3894 (2)	John Davy, Thrans. phil., 1812, p. 150.
Gaz acide nitreux		3,1764 (3)	Gay-Lussac.
Vapeur de sulfure de carbone	2,6447		Gay-Lussac.
Vapeur d'éther sulfurique	2,5860		Gay-Lussac.
Chlore	2,4700	2,4216 (4)	Gay-Lussac et Thenard.
Euchlorine		2,3144 (5)	Gay-Lussac.
Gaz fluoborique	2,3709		John Davy, Trans. phil., 1812, p. 366.
Vapeur d'éther hydrochlorique	2,219		Thenard, Soc. d'Arcueil, v. 1, p. 121.
Gaz sulfureux	2,1930	2,2072	Davy, Bibl. brit., v. LV, p. 114.
Vapeur chlorocyanique		2,1113	Gay-Lussac, Ann. de Chimie, v. XCV, p. 210.
Cyanogène	1,8064	1,8011	Gay-Lussac, Ann. de Chimie, v. XCV, p. 177.
Vapeur d'alcool absolu	1,6133	1,6030 (6)	Gay-Lussac.
Protoxide d'azote	1,5204	1,5209 (7)	Colin.
Acide carbonique	1,5196		Biot et Arago, Mém. de l'Inst., 1806, p. 320.
Gaz hydrochlorique	1,2474	1,2505 (8)	Biot et Arago, Mém. de l'Inst., 1806, p. 320.
Gaz hydrosulfurique	1,1912	1,1768 (9)	Thenard et Gay-Lussac, Recherc. physico-chim., I, p. 191.
Gaz oxigène	1,1036		Biot et Arago, Mém. de l'Inst., 1806, p. 320.
Deutoxide d'azote	1,0388	1,0364 (10)	Bérard.
Gaz hydrogène percarburé	0,9784 (11)		Théodore de Saussure, Ann. de Chim., v. LXXXIX, p. 283.
Gaz azote	0,9691		Arago et Biot, Mém. de l'Inst., 1806, p. 320.
Gaz oxide de carbone	0,9569	0,9678	Cruickshancks.
Vapeur hydrocyanique	0,9476	0,9360	Gay-Lussac, Ann. de Chimie, v. XCV, p. 150.
Hydrogène phosphuré	0,870		Davy, Trans. phil., 1812, p. 408.
Vapeur d'eau	0,6235	0,6250 (12)	Gay-Lussac.
Gaz ammoniacal	0,5967	0,5943	Biot et Arago, Mém. de l'Inst., 1806, p. 320.
Gaz hydrogène protocarburé	0,5550	0,5624 (13)	Thomson, Bibl. brit., v. LV, p. 123.
Gaz hydrogène arsenié	0,5290		Tromsdorf.
Gaz hydrogène	0,0732		Arago et Biot, Mém. de l'Inst., 1806, p. 320.

OBSERVATIONS.

(1) M. Thomson (*Bibl. Brit.*, vol. LV, p. 114) donne un résultat différent; savoir : 2,990; mais M. John Davy ayant trouvé qu'un vase vide acquérait une augmentation de poids de 10g,2 lorsqu'on le remplissait d'air, et une augmentation de 36g,45 lorsqu'on le remplissait de gaz fluosilicique, on trouve que $\frac{3645}{10,2} = 3,5735$.

(2) Le gaz chloroxicarbonique résulte de la combinaison de un volume de chlore 2,4216, et de un volume de gaz oxide de carbone 0,9678 condensés en un seul.

(3) La densité de l'acide nitreux que je donne dans le tableau est obtenue d'après l'observation que j'ai faite, que cet acide est formé de deux volumes de deutoxide d'azote et un volume d'oxigène condensés en un seul. Il existe un autre acide nitreux composé de quatre volumes de deutoxide d'azote et un volume d'oxigène; mais on ne peut l'obtenir isolé. Je ferai connaître, dans un des cahiers prochains, comment on obtient ces deux combinaisons.

(4) Nous avions trouvé, M. Thenard et moi (*Rech. physico-chimiques*, vol. II, p. 125), que le chlore pèse 2,470. M. Thomson a trouvé 2,713 (*Bib. Brit.*, vol. LV, p. 118); néanmoins je pense que ces résultats sont trop forts. M. Davy a trouvé seulement 2,395; et comme il est d'ailleurs bien certain que un volume de chlore et un volume d'hydrogène produisent exactement deux volumes de gaz hydrochlorique, on peut obtenir la densité du chlore en retranchant la moitié de la densité de l'hydrogène 0,0366 de celle du gaz hydrochlorique 1,2474, et en doublant la différence. On aura ainsi 2,4216 pour la densité du chlore, et je la crois très-exacte, parce qu'on connaît avec beaucoup de précision la densité du gaz hydrogène et celle du gaz hydrochlorique.

(5) Ce qu'on doit entendre ici par euchlorine est un gaz composé de 2 volumes d'oxigène et de 1 volume de chlore, réduits à 2 par la combinaison. On obtient ce gaz en décomposant le chlorate de potasse par l'acide sulfurique pas tout-à-fait concentré. M. Davy dit qu'en le décomposant sur le mercure, il a obtenu à peu près pour 2 volumes de gaz, 2 volumes d'oxigène et un volume de chlore. Je l'ai analysé par un procédé particulier exempt de toute cause d'erreur, et j'ai trouvé qu'il contient exactement 2 volumes d'oxigène et un volume de chlore condensés d'un tiers. C'est d'après ces résultats qu'on trouve la densité 2,3144. Le premier composé, que M. Davy avait décrit sous le nom d'*euchlorine*, paraît être, suivant lui, un mélange de ce dernier gaz et de chlore.

(6) La vapeur d'alcool absolu peut être considérée comme composée de un volume de gaz oléfiant et de un volume de vapeur d'eau, condensés en un seul. C'est d'après cette considération qu'on trouve pour la densité de la vapeur d'alcool 1,6030.

(7) La densité du protoxide d'azote a été prise par M. Colin dans le laboratoire de l'École Polytechnique. Il y a long-temps que je l'avais fixée par le calcul à 1,5209, parce que j'avais reconnu que le protoxide d'azote est formé de un volume d'azote et de demi-volume d'oxigène condensés en un seul. (*Société d'Arcueil*, vol. II, p. 252.)

(8) La densité calculée que je donne ici pour le gaz hydrochlorique est obtenue en admettant que un volume de chlore et un volume d'hydrogène produisent 2 volumes de gaz hydrochlorique, et que le nombre proportionnel du chlore est 44, et celui de l'hydrogène 1,3265. En appelant D la densité du gaz hydrochlorique, et en prenant 0,0732 pour la densité de l'hydrogène, on a $2D - 0{,}0732 : 0{,}0732 :: 44 : 1{,}3265$, et l'on trouve $D = 1{,}2505$.

(9) La densité calculée du gaz hydrosulfurique a été obtenue en admettant que l'hydrogène, en se combinant avec le soufre, ne change pas de volume, et que le rapport de ces deux corps en poids est celui de 20 à 1,3265.

(10) La densité calculée du deutoxide d'azote est obtenue d'après la considération que un volume d'azote et un volume d'oxigène produisent 2 volumes de deutoxide d'azote.

(11) M. Henry avait trouvé que la densité du gaz oléfiant est 0,967 (*Bibl. Brit.*, vol. XLI, p. 324); mais M. Saussure, d'après la considération que ce gaz contient deux fois son volume d'hydrogène, et qu'il produit par sa combinaison avec l'oxigène 2 volumes de gaz acide carbonique, la fixe à 0,9784, qui diffère peu du résultat de l'expérience.

(12) La densité calculée est obtenue d'après la considération que 2 volumes d'hydrogène et un volume d'oxigène produisent 2 volumes de vapeur d'eau.

(13) La densité calculée a été obtenue, d'après la considération que le gaz hydrogène protocarburé contient 2 volumes d'hydrogène, et qu'il donne un volume de gaz carbonique en se combinant avec l'oxigène.

On trouve dans le LVe vol. de la *Bibliothèque Britannique*, p. 114, un tableau des densités des gaz, fait par M. Thomson. Nous nous dispensons de le rapporter ici, parce qu'un assez grand nombre des densités qu'il renferme ne sont point exactes : telles sont celles du gaz acide fluosilicique, du gaz acide nitreux, de l'euchlorine, de la vapeur de l'éther, de la vapeur d'alcool, du protoxide d'azote, de la vapeur d'eau. Plusieurs autres sont prises aux mêmes sources que les nôtres, et nous avons fait usage de celles qui nous ont paru mériter le plus de confiance. G.-L.

NÉCROLOGIE.

Les sciences ont perdu, le 2 janvier dernier, dans la personne de M. Guyton de Morveau, l'un des hommes qui les ont cultivées avec le plus de zèle, de succès et d'illustration.

M. Guyton de Morveau naquit au commencement de l'an 1737. Dès sa première jeunesse, il fut destiné à la carrière du barreau; mais un esprit ardent et des dispositions précoces le portèrent, indépendamment de ses études principales, à cultiver la poésie. Plusieurs petits ouvrages sortis de sa plume présageaient déjà les talens qu'il manifesta depuis comme écrivain, et le firent admettre à l'Académie de Dijon, dont il devait bientôt accroître la célébrité dans un autre genre. Il venait d'être reçu avocat général au parlement de cette ville, deux ans avant l'âge strictement requis : malgré une santé frêle en apparence, il se livra aux devoirs de cette charge, qu'il remplit avec honneur pendant vingt-deux ans, laissant en témoignage de nombreux plaidoyers et des discours sur divers sujets d'intérêt public, où abondent les principes d'une philosophie aussi sage qu'éclairée, présentés avec les charmes de l'éloquence.

Mais, sans nuire à ses occupations obligées, M. Guyton de Morveau trouva encore le temps de s'adonner avec ardeur à la chimie. Une circonstance de hasard lui fit commencer l'étude de cette science, et bientôt de simple élève il devint un maître distingué. Sa réputation s'étendit dans toute l'Europe; il entretint avec les

savans de diverses contrées des correspondances utiles à la science, que lui facilita singulièrement la connaissance qu'il avait de la plupart des langues vivantes, et il fut admis dans presque toutes les Académies connues.

Il professa pendant trente-six années, dans des cours publics, la chimie et la minéralogie. C'est à M. Guyton-Morveau que l'on doit la première idée du nouveau Système de Nomenclature, perfectionné ensuite de concert entre lui et les principaux chimistes de Paris. Le 1er volume du Dictionnaire de Chimie de l'Encyclopédie méthodique, le seul auquel il ait pu travailler, sera toujours cité comme un ouvrage du plus grand mérite. Ses heureux procédés pour la désinfection, ainsi que sa constance à les propager et à les défendre contre d'injustes attaques, lui assignèrent un rang distingué parmi les bienfaiteurs de l'humanité. Enfin, une foule de Mémoires, imprimés séparément ou insérés dans les collections et journaux scientifiques, attestent, de la manière la plus honorable, les nombreux et utiles services rendus aux sciences par M. Guyton de Morveau.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ETAT DU CIEL à midi.	VENTS.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	758,49	— 6,2		758,00	— 2,6	70	757,14	— 1,5		755,88	— 5,3		— 1,5	— 8,5	Beau.	S. E.
2	752,38	+ 0,2		751,81	+ 5,1	94	750,76	+ 4,7		749,68	+ 2,3		+ 5,1	— 0,5	Très-couvert.	S. E.
3	750,04	+ 3,8		750,69	+ 7,0	94	750,44	+ 6,2		750,92	+ 5,0		+ 7,0	+ 3,4	Quelques éclaircis.	S. O.
4	749,33	+ 4,2		748,21	+ 6,0	94	747,14	+ 6,0		746,89	+ 3,8		+ 6,0	+ 3,2	Brouillard épais.	S.
5	746,97	+ 3,0		746,63	+ 6,9	94	745,85	+ 7,6		744,77	+ 3,7		+ 7,6	+ 2,5	Nuageux, brouillard.	O.
6	738,90	+ 7,0		738,36	+ 8,0	94	735,68	+ 9,2		733,94	+ 6,8		+ 9,2	+ 6,2	Pluie abondante.	S. O.
7	730,47	+ 8,0		728,30	+ 8,7	90	728,71	+ 8,8		733,58	+ 0,2		+ 9,2	+ 0,2	Pluie.	S. O.
8	737,67	— 2,0	74	739,78	— 1,0	64	742,00	— 1,9		746,29	— 5,1		— 1,0	— 5,7	Très-nuageux.	N. E.
9	748,36	— 7,7	70	747,46	— 6,2	69	747,04	— 5,5	70	748,80	— 6,7	70	— 5,5	— 7,7	Beau.	E. N. E.
10	752,00	— 7,7	65	752,10	— 4,5	57	752,04	— 3,6	51	753,70	— 8,7	76	— 3,2	— 9,7	Beau.	E. N. E.
11	756,06	— 8,3	72	756,60	— 4,4	59	756,54	— 2,7	55	758,04	— 4,7	79	— 2,7	—10,7	Beau.	E. S. E.
12	763,64	— 3,0	93	764,74	+ 1,6	74	765,37	+ 2,0		767,68	— 1,4	87	+ 2,0	— 5,2	Très-nuageux.	N. E.
13	768,06	— 2,1	86	767,54	+ 1,7	72	766,50	+ 2,5	70	766,26	— 1,5	90	+ 2,5	— 5,2	Nuageux.	N. E.
14	767,56	— 0,7	96	768,22	+ 2,5	90	768,64	+ 5,2	87	769,74	+ 3,7	91	+ 5,2	— 3,2	Couvert, brouillard.	N.
15	769,57	+ 2,1	93	769,10	+ 5,2	87	768,00	+ 4,7	95	766,69	+ 4,0	99	+ 5,2	+ 0,7	Brouillards.	O. N. O.
16	761,82	+ 4,5	92	760,52	+ 6,2	89	757,41	+ 7,0	80	754,29	+ 7,0	89	+ 7,0	+ 4,2	Couvert, brouillard.	O.
17	754,60	+ 2,7	79	754,64	+ 4,0	54	754,45	+ 3,6	59	755,19	+ 0,6	71	+ 4,0	+ 0,2	Très-nuageux.	N. O.
18	759,71	+ 0,5	80	760,23	+ 2,2	69	758,93	+ 2,5	69	755,80	+ 0,1	90	+ 2,5	— 1,7	Couvert.	N. O.
19	757,50	+ 5,0	92	758,52	+ 7,2	78	759,17	+ 6,7	80	761,36	+ 4,0	92	+ 7,2	+ 3,7	Couvert.	O.
20	763,25	+ 5,2	87	763,30	+ 8,5	71	762,79	+ 7,7	67	762,52	+ 3,7	85	+ 8,5	+ 3,7	Couvert, brouillard.	O.
21	763,67	+ 6,2	90	763,79	+ 9,9	80	763,07	+ 9,7	79	764,12	+ 6,6	90	+ 9,9	+ 4,7	Couvert, brouillard.	S. O.
22	765,20	+ 7,0	89	765,69	+ 8,7	78	765,00	+10,0	76	765,71	+ 2,6	93	+10,0	+ 2,2	Couvert.	S. O.
23	767,27	0,0	89	766,89	+ 5,6	81	765,77	+ 7,7	76	765,89	+ 2,2	92	+ 7,7	— 1,5	Beau.	N. E.
24	765,88	+ 0,2	91	765,80	+ 5,7	85	765,17	+ 8,5	78	765,67	+ 2,5	96	+ 8,5	— 2,5	Beau.	S.
25	765,87	+ 5,6	92	765,03	+10,2	88	763,47	+10,4		762,38	+ 9,0		+10,4	+ 2,7	Couvert, brouillard.	O.
26	761,21	+ 6,2	72	762,83	+ 8,2	58	762,37	+ 7,7	54	762,96	+ 3,0		+ 8,2	+ 2,0	Très-nuageux.	O.
27	760,22	+ 2,5	90	757,44	+ 3,5	88	753,32	+ 4,7	94	750,03	+ 7,2	94	+ 7,2	— 0,5	Pluie, neige fondue.	S. O.
28	752,39	+ 5,2	76	753,09	+ 6,2	69	753,02	+ 5,6	70	755,07	+ 0,9	70	+ 6,2	0,0	Couvert, brouillard.	N. O.
29	756,59	+ 0,5	82	756,40	+ 2,1	62	755,87	+ 2,2	51	756,32	+ 0,5		+ 2,2	— 2,6	Couvert, neige.	N. O.
1	746,46	+ 0,3		746,13	+ 2,7	82	745,68	+ 3,0		746,44	— 0,4		+ 3,8	— 1,7	Moyennes du 1 au 10.	
2	762,18	+ 0,6	87	762,34	+ 3,5	74	761,78	+ 3,9	74	761,76	+ 1,6	87	+ 4,2	— 1,3	Moyennes du 11 au 20.	
3	762,03	+ 3,7	86	761,88	+ 6,7	76	760,78	+ 7,4	64	760,90	— 3,8	89	+ 7,8	+ 0,5	Moyennes du 21 au 29.	
	756,71	+ 1,4	84	756,61	+ 4,2	78	755,92	+ 4,7	72	756,21	+ 1,6	86	+ 4,9	— 0,9	Moyennes du mois.	

Sur les Lois que l'on observe dans la distribution des formes végétales (1).

PAR ALEXANDRE DE HUMBOLDT.

LA botanique, long-temps restreinte à la simple description des formes extérieures des plantes et à leur classification artificielle, offre aujourd'hui plusieurs genres d'études qui la mettent dans un rapport plus intime avec les autres branches des sciences physiques. Telles sont la distribution des végétaux d'après une méthode naturelle, fondée sur l'ensemble de leur structure; la physiologie, qui dévoile leur organisation intérieure; la géographie botanique, qui assigne à chaque tribu sa hauteur, ses limites et son climat. Les mots *plantes alpines*, *plantes des pays chauds*, *plantes voisines de la mer* se trouvent dans toutes les langues, même dans celles des peuples les plus sauvages de l'Orénoque. Ils prouvent que l'attention des hommes a été constamment fixée sur la

(1) Extrait d'un Mémoire lu à l'Institut, dans la séance du 5 février 1816. — Pour le détail des observations, voyez les *Prolegomena de distributione geographicâ plantarum, secundum cœli temperiem et altitudinem montium*, que M. de Humboldt a placés en tête des *Nova genera et species*, publiés conjointement avec MM. Bonpland et Kunth.

distribution des végétaux et sur leurs rapports avec la température de l'air, l'élévation du sol, et la nature du terrain qu'ils habitent. Il ne fallut pas une grande sagacité pour observer que, sur la pente des hautes montagnes de l'Arménie, des végétaux de différente latitude se suivent comme les climats superposés les uns aux autres. Cette idée de Tournefort, développée par Linnée dans deux dissertations intéressantes (*Stationes et coloniæ plantarum*), renferme cependant le germe de la géographie botanique. Menzel, l'auteur d'une Flore inédite du Japon, recommanda vivement aux voyageurs les recherches sur la distribution des espèces dans les différentes régions du globe. Il désigna même déjà le résultat de ces recherches par le nom de *Géographie des plantes*. Ce nom fut employé de nouveau et presque en même temps, vers l'année 1783, par l'abbé Giraud-Soulavie et par le célèbre auteur des *Études de la Nature*, ouvrage qui, parmi un grand nombre d'idées inexactes sur la physique du globe, renferme quelques vues profondes et ingénieuses sur les formes, les rapports et les habitudes des végétaux. L'abbé Giraud-Soulavie s'occupe de préférence des plantes cultivées; il distingue les climats des oliviers, des vignes et des châtaigniers. Il donne une coupe verticale du Mont-Mézin, à laquelle il joint l'indication des hauteurs du mercure dans le baromètre, « parce qu'il se méfie de tout résultat tiré de mesures barométriques. » La *Géographie des plantes de la France méridionale* a été suivie par le *Tentamen historiæ geographicœ vegetabilium* du savant professeur Strohmayer, publié en 1800 à Gottingue, sous la forme d'une dissertation; mais ce *Tentamen* offre

plutôt le plan d'un ouvrage futur et le catalogue des auteurs à consulter, que des renseignemens sur les limites de hauteurs qu'atteignent, sous les différens climats, les plantes spontanées. Il en est de même des vues très-philosophiques énoncées par M. Treviranus dans son *Essai de Biologie :* on y trouve des considérations générales, mais point de mesures de hauteurs, point d'indications thermométriques, qui sont les bases solides de la géographie des plantes. Cette étude ne s'est élevée au rang d'une science que depuis que l'on a perfectionné et les mesures de hauteur par l'emploi des nivellemens barométriques, et la détermination des températures moyennes, ou, ce qui est plus important pour le développement de la végétation, la détermination des différences entre la température de l'été et de l'hiver, entre celle du jour et de la nuit. Peu d'études ont fait, de notre temps, des progrès plus rapides, et il y a loin des premiers essais que nous venons de citer, à cette époque où, par les travaux réunis d'un grand nombre de voyageurs, on est parvenu à fixer la limite des végétaux en Laponie, dans les Pyrénées, sur le dos des Alpes, au Caucase, et dans les Cordilières de l'Amérique.

Les végétaux qui couvrent la vaste surface du globe offrent, en les étudiant par classes ou par familles naturelles, des différences frappantes dans les distributions des formes : ce sont les lois de cette distribution sur lesquelles j'ai tenté récemment quelques recherches. En les limitant aux pays dont le nombre des espèces est exactement connu (1), et en divisant ce nombre par celui des

(1) La Laponie, la France, l'Angleterre, etc., d'après les observations de MM. Wahlenberg, Buch, Ramond, Decandolle et Smith.

glumacées (1), des légumineuses, des labiées et des composées, on trouve des rapports numériques qui forment des séries très-régulières. On voit certaines formes devenir plus communes depuis l'équateur vers le pôle, comme les fougères, les glumacées, les éricinées et les rhododrendons. D'autres formes au contraire augmentent des pôles vers l'équateur, et peuvent être considérées dans notre hémisphère comme des formes méridionales : telles sont les rubiacées, les malvacées, les euphorbiacées, les légumineuses et les composées. D'autres enfin atteignent leur *maximum* dans la zone tempérée même, et diminuent également vers l'équateur et les pôles : telles sont les labiées, les amentacées, les crucifères et les ombellifères. Une partie de ces données a frappé depuis longtemps les voyageurs botanistes et tous ceux qui ont parcouru des herbiers. On a su que les crucifères et les ombellifères disparaissent presque entièrement dans les plaines de la zone torride, et qu'aucune malvacée ne se trouve au-delà du cercle polaire. Il en est de la géographie des plantes comme de la météorologie; les résultats de ces sciences sont si simples, que de tout temps on a eu des aperçus généraux : mais ce n'est que par des recherches laborieuses et après avoir réuni un grand nombre d'observations précises, que l'on a pu parvenir à des résultats numériques, et à la connaissance des modifications partielles qu'éprouve la *loi de la distribution des formes*. Un tableau général, que nous donnerons plus bas, offre cette loi pour seize familles de plantes répandues dans les zones équatoriale, tempérée et glaciale. On y voit,

(1) Les glumacées renferment les trois familles des graminées, des cypéracées et des joncacées.

avec une satisfaction mêlée de surprise, comment, dans la nature organique, les formes présentent des rapports constans sous les mêmes *parallèles isothermes*, c'est-à-dire sur des courbes tracées par des points du globe qui reçoivent une égale quantité de chaleur. Les graminées forment en Angleterre $\frac{1}{12}$, en France $\frac{1}{13}$, dans l'Amérique du nord $\frac{1}{10}$ de toutes les plantes phanérogames. Les glumacées font en Allemagne $\frac{1}{7}$, en France $\frac{1}{8}$, dans l'Amérique du nord $\frac{1}{8}$, dans la Nouvelle-Hollande, d'après les belles recherches de M. Brown, $\frac{1}{8}$ des phânérogames connues. D'un autre côté, les légumineuses font en Allemagne $\frac{1}{18}$, en France $\frac{1}{16}$, dans l'Amérique septentrionale $\frac{1}{19}$ de toute la masse des plantes phanérogames. Les composées augmentent un peu dans la partie septentrionale du nouveau continent; car, d'après la Flore nouvelle de Pursh, il y en a entre les parallèles de la Géorgie et de Boston $\frac{1}{6}$, tandis qu'en Allemagne nous en trouvons $\frac{1}{8}$, et en France $\frac{1}{7}$ du nombre total des espèces à fructification visible. Dans toute la zone tempérée, les glumacées et les composées font ensemble à peu près $\frac{1}{4}$ des phanérogames; les glumacées, les composées, les crucifères et les légumineuses ensemble près d'un tiers. Il résulte de ces recherches, que les formes des êtres organisés se trouvent dans une dépendance mutuelle, et que l'unité de la nature est telle, que les formes se sont limitées les unes par les autres d'après des lois constantes et faciles à déterminer. Lorsqu'on connaît sur un point quelconque du globe le nombre d'espèces qu'offre une des grandes familles des glumacées, des composées, des crucifères ou des légumineuses, on peut évaluer, avec beaucoup de probabilité, et le nombre total des plantes phanérogames, et le nom-

bre des espèces qui composent les autres familles végétales. C'est ainsi qu'en connaissant sous la zone tempérée le nombre des cypéracées ou des composées, on peut deviner celui des graminées ou des légumineuses (1).

---

(1) Le nombre des espèces végétales décrites par les botanistes, ou existantes dans les herbiers de l'Europe, s'élève à 44,000, dont 6,000 agames. On a déjà compris dans ce nombre 3,000 nouvelles espèces phanérogames rapportées par M. Bonpland et par moi. La France compte, d'après M. Decandolle, 3,645 phanérogames, dont 460 glumacées, 490 composées, 230 légumineuses, etc. En Laponie, il n'y a que 497 phanérogames, parmi lesquelles 124 glumacées, 58 composées, 14 légumineuses, 23 amentacées, etc. Voyez mon *Essai sur la Géographie des plantes, auquel est joint le tableau physique des régions équinoxiales*, présenté à l'Institut en 1804, et publié en 1809. (On prépare en ce moment une nouvelle édition de cet ouvrage.)

GROUPES fondés sur l'analogie des formes.	RAPPORT à toute la masse des Phanérogames.			OBSERVATIONS. (Therm. Cent.)
	Zone équatoriale (Chal. moyen. 27°).	Zone tempérée. (Chal. moyen. 10°—14°).	Zone glaciale. (Chal. moyen. 0°—1°).	
Agames cellulaires...	1 : 5	1 : 2	1 : 1	Mousses, Lichens, Champignons.
Fougères...........		1 : 60	1 : 25	Allem. $\frac{1}{48}$. France $\frac{1}{73}$.
Monocotylédones....	1 : 6	1 : 4	1 : 3	All. $\frac{1}{4}$ Fr. $\frac{1}{4}$. Amér. bor. $\frac{1}{4}$.
Joncacées..........	1 : 400	1 : 90	1 : 25	All. $\frac{1}{94}$. Fr. $\frac{1}{86}$.
Cypéracées.........	1 : 60	1 : 30	1 : 9	All. $\frac{1}{18}$. Fr. $\frac{1}{27}$.
Graminées..........	1 : 15	1 : 12	1 : 10	All. $\frac{1}{13}$. Fr. $\frac{1}{13}$.
Glumacées..........	1 : 11	1 : 8	1 : 4	Les Gl. renferment les trois fam. préc.
Labiées............	1 : 40	1 : 25	1 : 70	All. $\frac{1}{26}$. Fr. $\frac{1}{24}$. Am. bor. $\frac{1}{40}$.
Ericinées et Rhod...	1 : 130	1 : 100	1 : 25	All. $\frac{1}{90}$. Fr. $\frac{1}{125}$. Am. bor. $\frac{1}{36}$.
Composées..........	1 : 6	1 : 8	1 : 13	All. $\frac{1}{8}$. Fr. $\frac{1}{7}$. Am. bor. $\frac{1}{6}$.
Rubiacées..........	1 : 29	1 : 60	1 : 80	All. $\frac{1}{70}$. Fr. $\frac{1}{73}$.
Ombellifères........	1 : 2000	1 : 30	1 : 60	Fr. $\frac{1}{34}$. Am. bor. $\frac{1}{57}$.
Crucifères..........	1 : 3000	1 : 18	1 : 24	Fr. $\frac{1}{19}$. All. $\frac{1}{18}$. Am. bor. $\frac{1}{62}$.
Malvacées..........	1 : 50	1 : 200	0	Fr. $\frac{1}{145}$. All. $\frac{1}{233}$. Am. bor. $\frac{1}{125}$.
Légumineuses.......	1 : 12	1 : 18	1 : 35	Fr. $\frac{1}{16}$. All. $\frac{1}{18}$. Am. bor. $\frac{1}{19}$.
Euphorbiacées......	1 : 35	1 : 80	1 : 500	Fr. $\frac{1}{70}$. All. $\frac{1}{100}$.
Amentacées.........	1 : 800	1 : 45	1 : 20	Fr. $\frac{1}{60}$. All. $\frac{1}{40}$. Am. bor. $\frac{1}{25}$.

Pour expliquer les différences qui se trouvent quelquefois entre les rapports qu'offrent l'Allemagne, l'Amérique septentrionale et la France, il faut avoir égard aux climats de ces régions plus ou moins tempérées. La France s'étend des 42°½ aux 51° de latitude. Sur cette étendue, la chaleur moyenne annuelle est de 16°,7 à 11° : les chaleurs moyennes des mois d'été sont de 24°—19°. L'Allemagne, comprise entre les 46° et 54° de latitude, présente à ses extrémités des températures moyennes annuelles de 12°,5 et 8°,5. Les chaleurs moyennes des mois d'été y sont de 21 et 18°. L'Amérique septentrionale, dans son immense étendue, offre les climats les plus variés. M. Pursh nous en a fait connaître 2,900 plantes phanérogames qui croissent entre les parallèles de 35 et de 44°, par conséquent par des températures moyennes annuelles de 16 et 7°. La Flore de l'Amérique septentrionale est un mélange de plusieurs Flores. Les régions méridionales lui donnent une abondance de malvacées et de composées ; les régions boréales, plus froides que l'Europe, sous le même parallèle, fournissent à cette Flore beaucoup de rhododendrons, d'amentacées et de conifères. Les caryophyllées, les ombellifères et les crucifères sont en général plus rares dans l'Amérique du nord que dans la zone tempérée de l'ancien continent (1).

Ces rapports constans observés sur la surface du globe,

(1) Nous rappellerons ici, en faveur des physiciens peu versés dans l'étude de la botanique descriptive, les plantes qui servent de type aux formes ou familles principales : *glumacées*, souchet, ivraie, jonc ; *orchidées*, orchis, satirion, vanille ; *labiées*, sauge ; *éricinées*, bruyère ; *composées*, aster,

dans les plaines, depuis l'équateur jusqu'au pôle, se retrouvent près des neiges perpétuelles, sur les cimes des montagnes. On peut admettre, en général, que sur les Cordilières de la zone torride, les formes boréales deviennent plus fréquentes. C'est ainsi qu'on voit dominer à Quito, sur le sommet des Andes, les éricinées, les rhododendrons et les graminées. Au contraire, les labiées, les rubiacées, les malvacées et les euphorbiacées y deviennent aussi rares qu'elles le sont en Laponie. Mais cette analogie ne se soutient pas dans les composées et les fougères. Les premières abondent sur le dos des Andes, tandis que les dernières se perdent peu à peu lorsqu'on s'élève au-dessus de 1,800 toises de hauteur. Aussi le climat des Andes ne ressemble à celui de l'Europe boréale que sous le rapport de la température moyenne de l'année. La répartition de la chaleur dans les différentes saisons est entièrement différente, et influe puissamment sur les phénomènes de la végétation. En général, les formes qui dominent parmi les plantes alpines sont, d'après mes recherches : SOUS LA ZONE TORRIDE, les *graminées* (ægopogon, podosœmum, deyeuxia, avena); les *composées* (culcitium, espeletia, aster, baccharis); et les *caryophyllées* (arenaria, stellaria). Sous LA ZONE TEMPÉRÉE, les *composées* (senecio, leontodon, aster); les *caryophyllées* (cerastium, cherleria, silene), et les *crucifères* (draba,

---

tussilage; *rubiacées*, garance, quinquina; *ombellifères*, fenouil; *crucifères*, radis, giroflée, chou; *malvacées*, alcée, coton; *légumineuses*, genêt, trèfle, sensitive; *euphorbiacées*, tithymale lactescent; *amentacées*, saule, orme, chêne; *conifères*, pin, if, genièvre.

lepidium). Sous la zone glaciale, les *caryophyllées* (stellaria, alsine); les *éricinées* (andromeda), et les *renonculacées*.

Ces recherches sur la loi de la distribution des formes conduisent naturellement à la question de savoir s'il existe des plantes communes aux deux continens; question qui inspire d'autant plus d'intérêt, qu'elle tient immédiatement à un des problèmes les plus importans de la zoonomie. On sait depuis long-temps, et c'est un des plus beaux résultats de la *géographie des animaux*, qu'aucun quadrupède, aucun oiseau terrestre, et, à ce qui paraît d'après les belles recherches de M. Latreille, presque aucun insecte n'est commun aux régions équatoriales des deux Mondes. M. Cuvier s'est convaincu, par des recherches exactes, que cette règle s'applique même aux reptiles. Il a constaté que le vrai boa constrictor n'est propre qu'à l'Amérique, et que les boas de l'ancien continent sont des pytons. Quant aux régions placées hors des tropiques, Buffon a multiplié outre mesure le nombre des animaux communs à l'Amérique, à l'Europe et à l'Asie septentrionale. On s'est assuré que le bison, le cerf et le chevreuil d'Amérique, le lapin et le rat musqué, la loutre, la musaraigne, la taupe, l'ours, les chauve-souris, la martre et les putois sont des espèces différentes de celles d'Europe, quoique Buffon ait affirmé le contraire. Il ne reste que le glouton, le loup, l'ours blanc, le renard roux, peut-être aussi le renne et l'élan, qui n'ont point de caractères suffisans pour paraître spécifiques. Parmi les plantes, il faut distinguer entre les agames et les cotylédonées; et en considérant ces dernières, entre les monocotylédones et les dicotylédones. Il ne reste aucun doute que beaucoup

de mousses et de lichens(1) se trouvent à la fois et dans l'Amérique équinoxiale et en Europe : nos herbiers en font foi. Mais il n'en est pas des agames vasculaires comme des agames à tissu cellulaire. Les fougères et les lycopodiacées ne suivent pas les mêmes lois que les mousses et les lichens. Les premières surtout offrent très-peu d'espèces universellement répandues, et les exemples que l'on cite sont le plus souvent douteux. Quant aux plantes phanérogames (à l'exception du rhizophora, de l'avicennia et de quelques autres plantes littorales), la loi de Buffon paraît exacte pour les espèces munies de deux cotylédons. Il est absolument faux, quoiqu'on l'ait souvent affirmé, que les plateaux des Cordilières du Pérou, dont le climat a quelque analogie avec le climat de la France ou de la Suède, produisent des plantes semblables. Les chênes, les pins, les ifs, les renoncules, les rosiers, les alchemilla, les valérianes, les stellaria, les draba des Andes péruviennes et mexicaines ont à peu près la même physionomie que les espèces des mêmes genres de l'Amérique septentrionale, de la Sibérie ou de l'Europe. Mais toutes ces plantes alpines des Cordilières, sans en excepter une seule, parmi trois ou quatre mille que nous avons examinées, diffèrent spécifiquement des espèces analogues de la zone tempérée de l'ancien continent. En général, dans la partie de l'Amérique située entre les tropiques, les plantes monocotylédones seules, et parmi celles-ci presque seulement les cypéracées et les graminées, sont communes aux deux Mondes. Ces deux familles font exception

(1) *Funaria hygrometrica, octoblepharum albidum, lichen hirtus, sticta tomentosa, st. crocata, etc.*

à la loi générale que nous examinons ici, loi qui est si importante pour l'histoire des catastrophes de notre planète, et d'après laquelle les êtres organisés des régions équinoxiales diffèrent essentiellement dans les deux continens. J'ai donné dans les *Prolegomena* un catalogue exact de ces plantes monocotylédones communes aux rives de l'Orénoque, à l'Allemagne et aux Indes orientales. leur nombre ne s'élève qu'à vingt ou vingt-quatre espèces, parmi lesquelles il suffit de citer le *Cyperus mucronatus*, *C. hydra Hypælyptum argenteum*, *Poa eragrostis*, *Andropogon Allioni*, *etc.*

Dans l'Amérique septentrionale placée hors des tropiques, on trouve près de $\frac{1}{7}$ de plantes monocotylédones et dicotylédones communes aux deux continens. Sur 2,900 espèces phanérogames rapportées dans la nouvelle Flore de Pursh, il y en a 390 européennes. Il est vrai qu'on peut jeter quelque doute tant sur le nombre des plantes qui ont suivi les colons d'un hémisphère à l'autre, que sur celles qui, mieux examinées, seront reconnues dans la suite pour des espèces nouvelles; mais il est impossible que cette incertitude s'étende à toutes, et il est à présumer que, même après un examen approfondi, le nombre des espèces communes aux zones tempérées des deux mondes restera très-considérable encore. M. Brown s'est livré récemment à des recherches analogues sur les plantes de la Nouvelle-Hollande. Un vingt-huitième de toutes les monocotylédones trouvées jusqu'ici dans ce continent austral, lui sont communes avec l'Angleterre, la France et l'Allemagne. Parmi les dicotylédones, le rapport n'est que ce $\frac{1}{100}$, ce qui prouve de nouveau comment, dans les deux hémisphères, les graminées et les

cypéracées sont les plus répandues, à cause de l'extrême flexibilité de leur organisation. Il serait à désirer que de savans zoologistes tentassent d'examiner les rapports numériques analogues que présente la distribution des différentes familles d'animaux sur le globe.

Dans l'hémisphère austral, les formes végétales de la zone torride avancent plus vers le pôle que dans l'hémisphère boréal. Les fougères en arbre ne dépassent presque pas, en Asie et en Amérique, le tropique du cancer; tandis que, dans la partie australe de notre globe, le dicksonia antarctica, dont le tronc s'élève à 6 mètres de hauteur, pousse ses migrations jusqu'à l'île Van-Diemen, sous la latitude de 42°; il a même été trouvé dans la Nouvelle-Zélande, dans le golfe de Durky, sous le parallèle de Lyon. D'autres formes non moins majestueuses, et que l'on croirait appartenir exclusivement à la Flore équinoxiale, les orchidées parasites (1), se trouvent mêlées aux fougères arborescentes bien au-delà du tropique du capricorne, au centre de la zone tempérée australe. Ces phénomènes de la géographie des plantes prouvent combien est vague ce que l'on dit généralement de la grande diminution de température dans l'hémisphère méridional, sans distinguer entre les parallèles plus ou moins rapprochés du pôle, et sans avoir égard à la répartition du calorique parmi les différentes saisons de l'année. Ces régions, vers lesquelles s'étendent les formes équinoxiales, jouissent, à cause de l'immensité des mers qui les entourent, d'un véritable *climat des îles*. Depuis le tropique du capricorne jusqu'au parallèle de 34°, et peut-être plus

(1) *Epidendra*, *dendrobia*.

loin encore, les chaleurs moyennes de l'année (c'est-à-dire la quantité de chaleur que reçoit un point du globe) ne diffèrent point encore considérablement dans les deux hémisphères. En jetant les yeux sur les trois continens, la Nouvelle-Hollande, l'Afrique et l'Amérique, nous trouvons que la température moyenne annuelle du port Jackson (lat. 33° 51′) est de 19°,3 centigrades; celle du cap de Bonne-Espérance (lat. 33° 55′) de 19°,4; celle de la ville de Buénos-Ayres (lat. 34° 36′) de 19°,7. On peut être surpris de cette grande égalité dans la distribution de la chaleur par les 34° de latitude australe. Des observations météorologiques, plus précises encore, prouvent que dans l'hémisphère boréal, sous ce même parallèle de 34°, on trouve une température moyenne de 19°,8. En avançant vers le pôle antarctique, peut-être même jusqu'au parallèle de 57°, les températures des deux hémisphères diffèrent moins en hiver qu'en été. Les îles Malouines, situées par les 51° ½ de latitude australe, ont des froids d'hiver moins intenses qu'on n'en éprouve à Londres. La température moyenne de l'île Van-Diémen paraît être de 10°; il y gèle pendant l'hiver, mais pas assez pour détruire les fougères en arbre et les orchidées parasites. Dans les mers voisines, le capitaine Cook, par les 42° de latitude australe, n'a pas vu descendre au milieu de l'hiver, en juillet, le thermomètre au-dessous de + 6°,6. A ces hivers très-doux succèdent des étés remarquables par une fraîcheur extraordinaire. A l'extrémité australe de la Nouvelle-Hollande (lat. 40° 41′), la température de l'air s'élève rarement, au fort de l'été, à midi, au-dessus de 12° à 14°; et à la côte des Patagons, comme dans l'Océan voisin (lat. 48° — 58°), la chaleur moyenne du mois le

plus chaud n'est que de 7°—8°; tandis que dans l'hémisphère boréal, à Pétersbourg et Umeo (lat. 59° 56′ et 63° 50′), cette chaleur excède 17°—19°. C'est cette douce température des îles dont jouissent les terres australes, entre les 30° et 40° de latitude, qui permet aux formes végétales de dépasser le tropique du capricorne. Elles embellissent une grande partie de la zone tempérée; et les genres que l'habitant de l'hémisphère septentrional regarde comme appartenant exclusivement aux climats des tropiques, offrent de nombreuses espèces entre les parallèles de 35° et 38° de latitude australe.

MÉMOIRE (1)

Sur la Diffraction de la lumière, où l'on examine particulièrement le phénomène des franges colorées que présentent les ombres des corps éclairés par un point lumineux.

PAR M. FRESNEL,

Ingénieur des Ponts et Chaussées, et ancien élève de l'École Polytechnique.

LORSQUE l'on fait entrer la lumière dans une chambre obscure par un très-petit trou, on remarque que les ombres des corps ainsi éclairés, au lieu d'être terminées nettement, sont bordées à l'extérieur de franges de diverses nuances et de différentes largeurs. Si le corps opaque est suffisamment étroit, quoique beaucoup moins que le point lumineux, et que l'on reçoive l'ombre à une

(1) Ce Mémoire a été déposé à l'Institut le 23 octobre 1815.

distance assez considérable, on verra dans son intérieur des bandes obscures et brillantes qui la partagent en intervalles égaux, et qui sont colorées comme les premières.

Avant d'exposer les lois suivant lesquelles les franges tant extérieures qu'intérieures varient de largeur, je vais rendre compte des observations qui me les ont fait découvrir.

Pour obtenir le point éclairant, je me servais d'abord d'un très-petit trou pratiqué dans une feuille d'étain, et sur lequel je rassemblais beaucoup de lumière à l'aide d'une grande lentille, mais le mouvement du soleil déplaçait promptement le foyer, et chaque observation ne pouvait durer qu'un instant. Enfin j'ai employé le moyen que M. Arago m'avait indiqué, et qui m'a parfaitement réussi. J'ai adapté à l'ouverture du volet de ma chambre obscure une lentille très-convexe, sur laquelle un miroir renvoyait les rayons solaires; l'image formée au foyer était alors extrêmement resserrée, à cause de la grande convexité de la lentille, et produisait des franges colorées comme le point lumineux qu'on obtient à l'aide d'un très-petit trou. La lentille que j'ai employée a 12 millimètres de foyer; elle donnait des franges assez nettes tant que le corps opaque n'en était pas éloigné de plus de 50 centimètres; mais lorsque je les rapprochais davantage, ces franges devenaient très-vagues et ne pouvaient plus être mesurées assez exactement. N'ayant pas à ma disposition, pendant mes premiers essais, de lentille plus forte, j'eus recours à un globule de miel que je déposai sur un petit trou pratiqué dans une feuille de cuivre. Eclairé par ce globule, le fil de fer dont je mesurais les franges en produisait encore de fort nettes, même lorsqu'il n'était plus qu'à un centimètre du point

lumineux. Il est inutile d'ajouter que les lentilles de verre d'un très-court foyer, dont je me suis servi depuis, font le même effet.

Pour reconnaître si les corps, dans le phénomène de la diffraction, agissent sur la lumière à des distances aussi considérables que le suppose Newton, j'ai cherché à observer les franges extérieures le plus près possible de leur origine; mais comme, en recevant l'ombre sur un carton, il est difficile d'approcher assez l'œil pour les bien distinguer sans intercepter la lumière incidente, j'imaginai de la recevoir sur un verre dépoli, et de regarder par derrière avec une loupe. Or, je fus très-étonné de voir au-delà des bords du verre des franges absolument semblables à celles qui étaient peintes sur sa surface. Pour les comparer plus facilement, je me servis d'une glace dont une moitié seulement était dépolie, et dès-lors je reconnus que les franges qui parvenaient à mon œil, au travers de la partie transparente, étaient sur le prolongement de celles qui se peignaient sur la portion contiguë et dépolie. Je répétai cette expérience avec des loupes de divers foyers et à différentes distances du corps opaque, et toujours avec le même résultat. Dès qu'il fut prouvé par là que la loupe montre les franges telles qu'elles existent à son foyer, et que par conséquent l'interposition d'un écran de verre dépoli est inutile, je m'empressai d'appliquer ce nouveau moyen d'observation à l'étude des circonstances qui accompagnent leur formation. Or, je découvris bientôt qu'elles partent des bords du corps, ou du moins que l'intervalle qui les en sépare est extrême-

ment petit, puisqu'il devient insensible pour l'œil, aidé d'une très-forte loupe.

Pour faire cette expérience commodément, il faut placer la loupe sur un support, et fixer devant elle un fil incliné de manière qu'une partie se trouve au-delà du foyer, et le reste en deçà. Le fil paraît alors bordé de franges extérieures dans les deux parties. Ces franges sont d'autant plus larges que l'endroit observé est plus éloigné du foyer, et se confondent avec les bords au foyer même.

Après m'être ainsi assuré que les franges partaient du bord même des corps, autant que j'en pouvais juger avec une forte loupe, et croyant qu'elles se propageaient en ligne droite, je cherchai à découvrir, par une série d'observations, suivant quelle loi l'angle de diffraction varie, lorsqu'on rapproche le corps du point lumineux. Pour cela, je me servis d'un fil de fer dont je connaissais exactement le diamètre, qui était d'un millimètre : je le plaçai à différentes distances du point lumineux, et, recevant son ombre sur un carton, j'en mesurai la largeur entre les lignes de séparation du rouge et du violet dans les deux bandes extérieures du premier ordre. Connaissant le diamètre du fil, je pouvais calculer la largeur de l'ombre telle qu'elle aurait été sans la diffraction. Par une soustraction, je trouvais de combien la première bande s'en éloignait; et, divisant cette différence par la distance au carton, j'avais la mesure de l'angle de diffraction, le sommet étant supposé sur le bord du corps.

(Je substitue ici aux nombreux résultats que j'avais

obtenus dans mes premières expériences, à l'aide de la lumière blanche, quelques déviations angulaires qui m'ont été fournies depuis par des observations faites dans la lumière rouge homogène.)

Dans les quatre mesures dont le tableau présente les résultats, les bandes ont toujours été reçues à un mètre du fil qui les produisait.

	DISTANCE du point lumineux au fil.	ANGLE de diffraction pour les bandes obscures du premier ordre.	ANGLE de diffraction pour les bandes obscures du deuxième ordre.
1	m. 3,971	4′ 5″	5′ 58″
2	1,991	4′ 48″	6′ 35″
3	0,997	5′ 9″	7′ 31″
4	0,201	9′ 11″	13′ 13″

Dans le cas le plus défavorable, qui est celui de la quatrième observation, la largeur apparente angulaire de la bande obscure du premier ordre ne surpassait pas 2′ 17″; la bande obscure du second ordre était beaucoup moindre. Les incertitudes des mesures n'ont par conséquent jamais dû surpasser un petit nombre de secondes, ce qui d'ailleurs était aussi prouvé par l'accord des résultats partiels. En calculant ces déviations angulaires, j'ai toujours supposé que le point de diffraction, ou le sommet de l'angle, se trouve sur le bord

du corps, ce qui est conforme aux observations que nous avons rapportées. Du reste, si, pour expliquer dans le système newtonien les variations considérables que le tableau présente, on admettait que les rayons qui forment les bandes sont repoussés à distance, on ne pourrait concilier les observations extrêmes de la bande du second ordre, par exemple, qu'en admettant que son origine est à 0,00045 du corps, ce qui est évidemment beaucoup trop considérable : on peut en outre remarquer que cette valeur n'accorderait pas les observations intermédiaires.

J'avais collé plusieurs fois un petit carré de papier noir sur un côté d'un fil de fer, et j'avais toujours vu les bandes de l'intérieur de l'ombre disparaître *vis-à-vis* ce papier. Mais je ne cherchais que son influence sur les franges extérieures (1), et je me refusais en quelque sorte à la conséquence remarquable où me conduisait ce phénomène (2). Elle m'a frappé dès que j'ai étudié les

(1) Je n'employais dans mes expériences que des fils qui avaient au moins un millimètre de diamètre. Je ne pouvais pas supposer par conséquent que le petit papier agissait par attraction sur les rayons passant de l'autre côté du fil, la distance étant aussi considérable. D'ailleurs les franges sont indépendantes de la masse ou de la surface du corps contre lequel s'infléchit la lumière. Le tranchant et le dos d'un rasoir, un fil métallique poli ou couvert de noir de fumée, et les corps dont les pouvoirs réfringens sont les plus différens, donnent toujours les mêmes franges.

(2) M. Arago, chargé par l'Institut d'examiner mon Mémoire, m'a appris que cette expérience avait déjà été faite depuis long-temps par le célèbre docteur Thomas Young, qui en avait conclu l'influence des rayons lumineux les uns sur

bandes intérieures, et j'ai fait sur-le-champ cette réflexion: puisqu'en interceptant la lumière d'un côté du fil on fait disparaître les bandes intérieures, le concours des rayons qui arrivent des deux côtés est nécessaire à leur production. Ces franges ne peuvent pas provenir du simple mélange des rayons, puisque chaque côté du fil ne jette dans l'ombre qu'une lumière blanche continue; c'est donc la rencontre, le croisement même de ces rayons qui produit les franges. Cette conséquence, qui n'est pour ainsi dire que la traduction du phénomène, me semble tout-à-fait opposée à l'hypothèse de l'émission, et confirme le système qui fait consister la lumière dans les vibrations d'un fluide particulier.

On conçoit aisément, en effet, que deux ondulations qui se croisent sous un petit angle doivent se contrarier et s'affaiblir lorsque les ventres des unes répondent aux nœuds des autres, et se fortifier mutuellement, au contraire, lorsque leurs mouvemens sont en harmonie; c'est ce qu'amène sans doute le croisement des rayons à l'extérieur de l'ombre comme dans son intérieur (1). Lors-

---

les autres, et l'avait même rendue plus évidente en interceptant la lumière sur un côté du corps, soit avant qu'elle y arrivât, soit après son passage, afin d'éviter l'objection fondée sur le changement de masse de ce corps, provenant de l'addition de l'écran.

(1) Dans cette supposition, les franges extérieures seraient produites par la rencontre des rayons partant du point lumineux et des bords du fil, tandis que les bandes intérieures proviendraient du croisement des rayons infléchis dans l'ombre par les deux bords opposés.

qu'on éclaire les corps par un point lumineux, les ondulations partent d'une même source; les points d'accord et de discordance se trouvent toujours sur les mêmes lignes : le phénomène est constant, et peut être aperçu. La même chose n'a plus lieu lorsque les ondulations qui se rencontrent proviennent de deux sources différentes; car s'il n'y a aucune dépendance entre les centres de vibration, l'*instant* du départ d'un système d'ondes ne sera pas lié à l'instant du départ des ondes voisines, puisque la cause quelconque qui les engendre n'opère pas des changemens simultanés dans les deux points lumineux; dès-lors les lignes d'accord et de discordance varieront de place continuellement, et l'œil n'aura plus que la sensation d'une lumière uniforme, c'est ce qui a sans doute empêché pendant si long-temps de reconnaître l'influence que les rayons lumineux exercent les uns sur les autres.

Pour expliquer nettement la manière dont je conçois le croisement des ondulations dans le phénomène de la diffraction, je les ai représentées dans la *fig.* 1re jointe à ce Mémoire.

S est le point radieux, *A* et *B* les extrémités du corps qui porte ombre. Des points *S*, *A* et *B* comme centres, j'ai décrit une suite de cercles en augmentant toujours le rayon de la même quantité, que je suppose être égale à la longueur d'une demi-ondulation. Les cercles en lignes pleines représentent les nœuds, par exemple, dans chaque système d'ondulation, et les cercles ponctués les ventres. Les intersections des cercles de différentes espèces donnent les points de discordance complète, et par conséquent les endroits les plus sombres

des franges. J'ai tracé les hyperboles que forment ces points d'intersection. La rencontre de ces hyperboles avec le carton sur lequel on reçoit l'ombre détermine le milieu des bandes obscures. Les hyperboles F^1, F^1; F^2 F^2, etc., donnent les bandes extérieures du premier ordre, du second ordre, etc.; les hyperboles f^1, f^1; f^2, f^2; f^3, f^3, etc., les bandes intérieures du premier ordre, du second, du troisième, etc.

On voit, par l'inspection même de cette figure, pourquoi l'ombre contient d'autant plus de bandes intérieures qu'on la reçoit plus près du fil.

Il est facile aussi d'expliquer dans cette théorie la coloration des franges. Les rayons de différentes couleurs étant produits par des ondulations lumineuses de longueurs différentes, comme il est naturel de le conclure du phénomène des anneaux colorés, les points d'accord et de discordance complète sont en conséquence plus ou moins rapprochés, suivant la longueur de ces ondulations.

Les rayons violets, dont les ondulations sont les plus petites, produisent aussi les franges les plus étroites et les rayons rouges les plus larges, comme il est facile de s'en assurer directement en faisant tomber alternativement sur la lentille ou le petit trou qui forme le point lumineux des rayons rouges et des rayons violets. Les bandes obscures et brillantes produites par les rayons de différente espèce, ayant toutes des largeurs différentes, on conçoit que leur superposition ne peut être complète et doit laisser des traces sensibles de coloration.

Les rayons dont la rencontre produit dans l'intérieur de l'ombre les bandes obscures du premier ordre ne dif-

férant que d'une demi-ondulation, les intersections des ondulations rouges et des ondulations violettes se trouvent presque à la même distance de SD, et les couleurs se confondent sensiblement. Dans le bord extérieur des franges du second ordre, où les cercles qui se croisent diffèrent d'une ondulation et demie, les couleurs commencent à se séparer. Elles deviennent plus apparentes dans celles du troisième ordre; elles se séparent encore davantage dans celles du quatrième; enfin les franges de différens ordres empiètent les unes sur les autres, et finissent par se confondre; c'est ce que l'on observe lorsque le fil est assez large, ou qu'on reçoit l'ombre assez près pour qu'elle contienne beaucoup de franges.

On peut se rendre raison de la coloration des franges extérieures de la même manière, et expliquer par un raisonnement semblable pourquoi l'on n'en aperçoit aussi qu'un nombre très-limité, à quoi on peut ajouter que plus ces franges sont d'un ordre élevé, plus elles s'éloignent du corps, et plus par suite les rayons réfléchis s'affaiblissent.

L'ombre d'un corps éclairé par un point lumineux s'étend au-delà de la tangente menée par ce point à la surface du corps. J'en ai conclu que la réflexion apporte un retard d'une demi-vibration dans le progrès des ondes lumineuses. En effet, si le mouvement n'était pas retardé sur le bord du corps, il y aurait accord parfait entre les ondulations des rayons directs et celles des rayons réfléchis dans le plan tangent, c'est-à-dire dans l'endroit le plus sombre de la frange.

D'ailleurs, la largeur des franges, calculée d'après l'hypothèse que les rayons réfléchis ont éprouvé un retard

d'une demi-ondulation, s'accorde très-bien avec les observations.

Soit S (*fig.* 2) le point lumineux, et A le bord du fil, la bande obscure F qui sépare les franges extérieures du premier et du second ordre sera donnée, dans cette hypothèse, par l'intersection de deux arcs de cercles DFG, EFL, décrits des points A et S comme centres, et avec des rayons qui diffèrent l'un de l'autre d'une quantité égale à la distance entre les centres, moins la longueur d'une ondulation.

Je représente par a la distance SA du fil au point lumineux; par b, la distance AE du fil au carton sur lequel on reçoit son ombre; et par d, la longueur d'une ondulation de la lumière dans l'air. Je prends SD pour axe des x, et le point S pour origine des coordonnées. L'équation du cercle décrit du point S comme centre, et d'un rayon égal à SD, sera :

$$x^2 + y = (a + b)^2;$$

Et celle du cercle DFG :

$$(x - a)^2 + y^2 = (b + d)^2.$$

Combinant ces deux équations pour avoir la valeur de y qui correspond au point d'intersection des deux cercles, et négligeant les termes multipliés par d^2, d^3 et d^4, à cause de l'extrême petitesse de d, l'on a $y = \sqrt{\frac{2b\,(a+b)\,d.}{a}}$

Aussitôt après avoir trouvé cette formule, j'en fis l'application à une de mes observations. Pour cela, je substituai à la place de d l'épaisseur moyenne entre celles

des lames d'air qui, dans la table de Newton, répondent au rouge du premier ordre, et au violet du second, ayant toujours visé dans mes mesures au point de passage du rouge au violet, c'est-à-dire, à celui des couleurs d'un ordre aux couleurs de l'ordre suivant; mais je reconnus que la véritable valeur de *d* était précisément le double de cette longueur (1). J'ai donc pris pour *d* la somme des épaisseurs des lames d'air qui répondent au rouge du premier ordre et au violet du second, c'est-à-dire, vingt millionièmes de pouce anglais, plus un sixième, ou $0^m,0000005176$, et substituant cette valeur dans la formule $\sqrt{\frac{2db(a+b)}{a}}$, j'ai toujours vu la théorie s'accorder avec l'expérience, ou du moins les différences

---

(1) En appliquant au phénomène des anneaux colorés la même théorie de l'influence des rayons les uns sur les autres, je suis parvenu à l'expliquer dans le cas des incidences obliques comme dans celui des incidences perpendiculaires, et je me suis encore assuré par ces nouvelles considérations que la longueur d'une ondulation de la lumière dans l'air est le double de l'intervalle indiqué par Newton pour le retour d'une molécule lumineuse au même accès de facile réflexion ou de facile transmission.

Dans le Mémoire que j'ai présenté à l'Institut, j'ai donné cette explication du phénomène des anneaux colorés, et la formule au moyen de laquelle on peut calculer l'épaisseur de la lame qui réfléchit une certaine couleur sous une incidence oblique, d'après celle qui la réfléchit sous l'incidence perpendiculaire; mais M. Arago m'ayant appris que le docteur Young avait publié depuis long-temps la même théorie, j'ai jugé inutile de l'exposer ici de nouveau.

étaient assez légères pour qu'on pût les attribuer aux erreurs des observations, comme on s'en convaincra en jetant un coup-d'œil sur le tableau suivant, qui contient aussi plusieurs mesures des franges du second ordre. Pour calculer la distance du bord de l'ombre géométrique aux bandes obscures du second ordre, il suffit de substituer $2d$ à la place de d dans la formule $\sqrt{\frac{2db(a+b)}{a}}$, et de même pour celles du 3e, 4e, 5e, etc., il faudrait remplacer d par $3d$, $4d$, $5d$, etc. Ainsi les distances du bord de l'ombre géométrique aux bandes obscures du 1er ordre, du 2e, 3e, 4e, 5e, etc., doivent être entre elles comme 1, $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{4}$, $\sqrt{5}$, etc.

TABLEAU

Comparatif des résultats de l'observation, et de ceux de la théorie sur les Franges extérieures produites par la lumière blanche.

Nota. Ces observations ont été faites avec des fils métalliques de grosseurs très-différentes.

	DISTANCE du fil au point lumineux.	DISTANCE du fil au micromètre.	ORDRE des franges.	DOUBLE DISTANCE de la bande au bord de l'ombre géométrique. d'après l'observation.	d'après la théorie.	DIFFÉRENCES.
	m.	m.		m.	m.	m.
1	0,051	0,565	1er.	0,00538	0,00532	+ 0,00006
2	0,101	0,620	1er.	0,00421	0,00428	— 0,00007
3	*id.*	*id.*	2e.	0,00620	0,00605	+ 0,00015
4	0,151	0,706	1er.	0,00403	0,00407	— 0,00004
5	*id.*	*id.*	2e.	0,00582	0,00576	+ 0,00006
6	0,201	0,746	1er.	0,00368	0,00381	— 0,00013
7	*id.*	*id.*	2e.	0,00532	0,00539	— 0,00007
8	0,342	0,028	1er.	0,00034	0,00035	— 0,00001
9	0,342	0,383	1er.	0,00185	0,00183	+ 0,00002
10	1,490	0,385	1er.	0,00138	0,00141	— 0,00003
11	1,490	1,107	1er.	0,00285	0,00283	+ 0,00002
12	1,490	4,186	1er.	0,00799	0,00812	— 0,00013
13	1,988	0,012	1er.	0,00021	0,00022	— 0,00001
14	1,988	0,585	1er.	0,00176	0,00177	— 0,00001
15	1,988	3,195	1er.	0,00602	0,00587	+ 0,00015
16	3,000	0,008	1er.	0,00020	0,00018	+ 0,00002
17	3,000	0,050	1er.	0,00044	0,00046	— 0,00002
18	3,000	0,198	1er.	0,00089	0,00093	— 0,00004
19	3,000	0,868	1er.	0,00207	0,00215	— 0,00008
20	3,000	2,180	1er.	0,00386	0,00395	— 0,00009
21	4,015	0,195	1er.	0,00094	0,00092	+ 0,00002
22	*id.*	*id.*	2e.	0,00135	0,00130	+ 0,00005
23	4,015	0,519	1er.	0,00159	0,00156	+ 0,00003
24	*id.*	*id.*	2e.	0,00229	0,00220	+ 0,00009
25	4,015	0,990	1er.	0,00225	0,00226	— 0,00001
26	*id.*	*id.*	2e.	0,00322	0,00320	+ 0,00002
27	4,015	2,000	1er.	0,00360	0,00352	+ 0,00008
28	*id.*	*id.*	2e.	0,00513	0,00498	+ 0,00015

J'ai substitué ici au tableau du Mémoire original, qui présentait des résultats nombreux, mais peu exacts, obtenus au moyen d'un carton, les mesures plus précises que j'ai faites depuis avec deux micromètres différens. Le premier, que j'avais construit moi-même dans l'éloignement où je me trouvais de tout artiste, était formé par deux fils de soie écrue, partant d'un même point et aboutissant à deux repères peu éloignés l'un de l'autre et dont l'intervalle avait été déterminé très-exactement à la loupe. Le cadre sur lequel j'avais fixé ces fils était divisé en millimètres dans le sens de sa longueur, et portait un petit carton mobile qui me servait à marquer l'endroit où la distance entre les fils était égale à la largeur de l'ombre que j'observais au moyen d'une forte loupe. On conçoit qu'en donnant au cadre une longueur suffisante, je pouvais mesurer les franges avec toute l'exactitude possible. Il me fallait beaucoup de patience pour me servir de ce micromètre, dans lequel il n'y avait pas de vis de rappel. Je n'avais fait encore qu'un petit nombre d'observations par cette méthode, lorsque je présentai mon Mémoire à l'Institut. J'y ai joint dans le tableau ci-dessus plusieurs autres résultats obtenus de la même manière, que j'avais envoyés depuis à M. Arago. Enfin, le plus grand nombre des observations qu'il contient ont été faites par M. Arago lui-même, avec un autre micromètre que j'ai fait construire pour faciliter la vérification de mes expériences. Ce micromètre est composé d'une lentille portant à son foyer un fil de soie, et d'une vis micrométrique qui la fait marcher. A l'aide d'un cadran divisé en cent parties, que parcourt une aiguille fixée à la vis, on peut évaluer le déplace-

ment du fil de soie à un centième de millimètre près.

Nous avons fait avec ce micromètre un assez grand nombre d'observations du même genre dans la lumière rouge homogène. Pour obtenir cette lumière, nous nous sommes servis d'un verre rouge d'une espèce rare, que possède M. Arago : il ne laisse passer que les rayons rouges et orangés, et détruit complètement tout le reste du spectre solaire. Nous aurions pu obtenir une lumière plus homogène à l'aide d'un prisme; mais nous n'aurions pas été aussi sûrs de son identité dans les différentes observations, et c'était la condition la plus essentielle à remplir.

La valeur de d, employée dans les calculs, est celle qui correspond à la limite commune du rouge et de l'orangé. Cette valeur, déduite des observations de Newton sur les anneaux colorés, est $0^{m},000000623$, mesure métrique.

TABLEAU

Comparatif des résultats de l'observation et de ceux de la théorie sur les Franges extérieures produites par une lumière rouge homogène.

	DISTANCE du fil au point lumineux.	DISTANCE du fil au micromètre.	ORDRE des bandes obscures.	DOUBLE DISTANCE de la bande au bord de l'ombre géométrique.		DIFFÉRENCES.
				d'après l'observation.	d'après la théorie.	
	m.	m.		m.	m.	m.
1	0,201	1,000	1er.	0,00534	0,00546	— 0,00012
2	*id.*	*id.*	2e.	0,00769	0,00772	— 0,00003
3	0,997	1,000	1er.	0,00299	0,00316	— 0,00017
4	*id.*	*id.*	2e.	0,00437	0,00447	— 0,00010
5	1,991	1,000	1er.	0,00279	0,00274	+ 0,00005
6	*id.*	*id.*	2e.	0,00383	0,00387	— 0,00004
7	3,971	1,000	1er.	0,00238	0,00250	— 0,00012
8	*id.*	*id.*	2e.	0,00347	0,00353	— 0,00006
9	3,828	0,313	1er.	0,00123	0,00130	— 0,00007
10	*id.*	*id.*	2e.	0,00183	0,00184	— 0,00001
11	3,828	1,192	1er.	0,00264	0,00279	— 0,00015
12	*id.*	*id.*	2e.	0,00389	0,00395	— 0,00006
13	3,860	0,294	1er.	0,00126	0,00126	0,00000
14	*id.*	*id.*	2e.	0,00177	0,00178	— 0,00001
15	3,860	1,125	1er.	0,00259	0,00269	— 0,00010
16	*id.*	*id.*	2e.	0,00385	0,00381	+ 0,00004
17	5,935	1,015	1er.	0,00247	0,00243	+ 0,00004
18	*id.*	*id.*	2e.	0,00345	0,00344	+ 0,00001
19	*id.*	*id.*	3e.	0,00416	0,00421	— 0,00005
20	*id.*	*id.*	4e.	0,00485	0,00486	— 0,00001

Il est à remarquer que c'est en général sur la largeur des franges du premier ordre que se trouvent les différences les plus sensibles entre les résultats de l'observation et ceux de la théorie, tandis que pour les franges des ordres supérieurs, les largeurs données par l'observation, quoique plus considérables, s'accordent mieux avec celles qu'on déduit de la formule. Cela vient de ce que les bandes obscures du premier ordre étant beau-

coup plus larges que les autres, il est plus difficile de fixer avec précision dans les mesures le milieu de la partie la plus sombre.

Les observations nos 17, 18, 19 et 20, avaient été faites avec un soin particulier sur l'ombre d'un fil métallique d'un dixième de millimètre, dans le but de déterminer directement par l'observation la longueur moyenne d'ondulation des rayons que laisse passer le verre rouge. On voit ici qu'en adoptant la valeur de *d*, déduite de la table de Newton, les résultats de la théorie s'accordent très-bien avec ceux de l'observation. On voit aussi que les distances du bord de l'ombre géométrique aux bandes obscures du 1er, 2e, 3e et 4e ordre sont bien dans les rapports indiqués par la théorie.

Ce n'est qu'au moyen d'une lumière homogène qu'on peut vérifier ces rapports avec précision. Dans la lumière blanche, le phénomène est trop compliqué, et l'empiètement des couleurs d'un ordre sur celles de l'ordre suivant augmentant à mesure qu'on s'éloigne du bord de l'ombre, la même longueur d'ondulation ne répond plus à la même teinte pour les franges de différens ordres. Le point de séparation du rouge et du violet, sur lequel nous avons toujours placé le fil du micromètre dans nos observations, est plus reculé en proportion dans la seconde bande sombre que dans la première, parce que dans celle-là le rouge de la seconde frange empiète davantage sur les couleurs de la suivante. Ainsi la valeur de *d*, qui convient pour la première, doit être un peu trop faible pour la seconde : c'est ce que j'ai remarqué généralement dans mes expériences, et ce qu'on peut reconnaître à l'inspection du tableau ci-dessus, des observations faites au

moyen de la lumière blanche. Elle a encore un autre inconvénient ; c'est qu'elle ne produit qu'un petit nombre de franges, à cause de l'empiètement des couleurs de différens ordres les unes sur les autres, qui se confondent déjà tellement dans la quatrième frange, qu'il est souvent très-difficile de juger l'endroit où elle se termine. Dans une lumière homogène, au contraire, on distingue toujours parfaitement la quatrième bande obscure, et l'on en aperçoit quelquefois jusqu'à huit.

Une conséquence très-remarquable de la loi exprimée par les formules qui donnent la distance du bord de l'ombre géométrique aux bandes extérieures, c'est que ces bandes ne se propagent pas en ligne droite, mais suivant des hyperboles dont les foyers sont le point lumineux et le bord du corps opaque. Ce résultat surprenant, et si opposé au système de Newton, est confirmé par l'expérience, comme on peut le reconnaître en regardant attentivement les deux tableaux précédens.

Les observations 13, 14 et 15, par exemple, du premier tableau, dans lesquelles le corps opaque est toujours à la même distance du point lumineux, et où l'on n'a fait varier que la distance de ce corps au micromètre, font voir que les franges du 1er ordre se propagent suivant une ligne courbe, dont la convexité est tournée en dehors. Car, en joignant par deux lignes droites les milieux des franges observées de chaque côté de l'ombre aux distances 0^{m},012 et 3^{m},195, on trouverait 0^{m},00126 pour la somme des intervalles compris entre les deux bandes et le bord de l'ombre géométrique à une distance de 0^{m},585, au lieu de 0^{m},00176 que donne l'observation ; et la différence est d'un demi-millimètre. Or, si l'on répète cette

expérience avec un peu de soin, on verra qu'on est sûr de ne pas faire sur l'observation n° 14 une erreur de plus d'un dixième de millimètre.

En faisant partir les lignes droites des bords du fil, où les franges prennent naissance, on rend encore plus sensible la convexité de leur trajectoire; car la double distance de la bande au bord de l'ombre géométrique devrait être alors de $0^m,00110$, au lieu de $0^m,00176$ qui résulte de l'observation, et la différence, ou la double flèche de courbure, est $0^m,00066$. Supposera-t-on qu'elle provient d'une erreur dans l'observation n° 15? Je conviens qu'à cette distance du fil métallique je ne puis plus mesurer son ombre avec autant d'exactitude, parce que les franges sont plus larges et plus vagues; mais je suis sûr du moins de ne me pas tromper de plus de $\frac{1}{5}$ de millimètre; or, une erreur cinq fois plus grande ou d'un millimètre entier à la distance de $3^m,195$, n'en produirait qu'une de $0^m,00018$ à la distance de $0^m,585$, ce qui n'est, comme on voit, qu'une petite partie de la flèche de courbure déduite des mesures directes.

Plusieurs autres observations des deux tableaux précédens prouvent encore la marche curviligne des franges. On peut s'assurer, à l'aide d'une très-forte loupe, ainsi que je l'ai déjà dit, qu'elles prennent naissance au bord même du corps opaque, ou du moins qu'elles n'en sont pas éloignées à leur origine d'un centième de millimètre. C'est pourquoi, dans chaque série d'observations où la distance du fil au point lumineux reste la même, j'ai supposé joints par des lignes droites les bords du corps et les bandes de l'observation extrême, et j'ai calculé d'après cela les flèches de courbure pour les observations inter-

médiaires. Les résultats de ces calculs sont rassemblés dans le tableau suivant, qui présente ainsi les trajectoires des franges rapportées à leurs cordes, et met en évidence leur convexité. Il offre en même temps la comparaison des flèches de courbure résultant des observations et de celles déduites de la théorie.

	DISTANCE du fil au point lumineux.	DISTANCE du fil au micromètre.	ORDRE des franges.	DOUBLES FLÈCHES de courbure, d'après l'observation.	d'après la théorie.	DIFFÉRENCES.
			LUMIÈRE BLANCHE.			
	m.	m.		m.	m.	m.
10	1,490	0,385	1er.	0,00065	0,00066	— 0,00001
11	1,490	1,107	1er.	0,00074	6,00068	+ 0,00006
12	1,490	4,186	1er.	0	0	
13	1,988	0,012	1er.	0,00019	0,00020	— 0,00001
14	1,988	0,585	1er.	0,00066	0,00069	— 0,00003
15	1,988	3,195	1er.	0	0	
16	3,000	0,008	1er.	0,00019	0,00017	+ 0,00002
17	3,000	0,050	1er.	0,00035	0,00037	— 0,00002
18	3,000	0,198	1er.	0,00054	0,00057	— 0,00003
19	3,000	0,868	1er.	0,00053	0,00058	— 0,00005
20	3,000	2,180	1er.	0	0	
21	4,015	0,195	1er.	0,00069	0,00067	+ 0,00002
22	*id.*	*id.*	2e.	0,00085	0,00081	+ 0,00004
23	4,015	0,519	1er.	0,00066	0,00065	+ 0,00001
24	*id.*	*id.*	2 .	0,00096	0,00091	+ 0,00005
25	4,015	0,990	1er.	0,00047	0,00052	— 0,00005
26	*id.*	*id.*	2e.	0,00068	0,00073	— 0,00005
27 et 28	4,015	2,000	1er et 2e.	0	0	
			LUMIÈRE ROUGE HOMOGÈNE.			
9	3,828	0,313	1er.	0,00054	0,00056	— 0,00002
10	*id.*	*id.*	2e.	0,00081	0,00080	+ 0,00001
11 et 12	3,828	1,191	1er et 2e.	0	0	
	3,860	0	1er et 2e.	0	0	
13	3,860	0,294	1er.	0,00058	0,00056	+ 0,00002
14	*id.*	*id.*	2e.	0,00078	0,00078	— 0,00002
15 et 16	3,860	1,125	1er et 2e.	0	0	

Il ne faudrait pas conclure de ces observations que la lumière a un mouvement curviligne, et ce n'est pas non plus ce que j'entends en disant que les franges se propagent suivant des hyperboles; je veux dire seulement par là qu'en mesurant l'intervalle du bord de l'ombre géométrique au point le plus sombre d'une même frange et à différentes distances du corps opaque, on trouve les ordonnées d'une hyperbole dont ces distances seraient les abscisses.

La différence entre les deux rayons vecteurs étant presque égale à la distance entre les deux foyers, l'hyperbole se rapproche extrêmement d'une ligne droite, et c'est ce qui a été cause sans doute de l'erreur où est tombé Newton. Il a pris une partie de la branche de l'hyperbole pour une ligne droite, et comme cette droite prolongée passe en dehors du sommet de l'hyperbole, ou du bord du corps opaque, il en a conclu que les rayons de lumière évitaient de toucher les corps et pouvaient en être repoussés à des distances très-sensibles.

Après m'être assuré que l'expérience confirmait pour les franges extérieures les lois déduites de la théorie des accords et des discordances des vibrations lumineuses, j'ai cherché, d'après les mêmes hypothèses, la formule qui représente les intervalles compris entre les bandes intérieures, afin de comparer aussi les résultats du calcul et ceux de l'observation relativement à ces bandes, qui m'avaient fait reconnaître les premières l'influence que les rayons lumineux exercent les uns sur les autres.

La position du milieu de chacune des deux bandes obscures du 1[er] ordre, qu'on aperçoit dans l'intérieur

de l'ombre portée par le corps *AB* (*fig.* 1[re]) est déterminée par l'intersection de deux cercles décrits des points *A* et *B* comme centres, avec des rayons différant d'une demi-ondulation. Par le point lumineux *S* et le centre *C* du corps *AB*, je mène la droite *SD*. Pour avoir l'intervalle compris entre les deux bandes du 1[er] ordre, il faut calculer la distance d'une de ces bandes à *SD* et la doubler. Si l'on prend *SD* pour axe des x, et le point *C* pour origine des coordonnées; que l'on représente par b, comme ci-dessus, la distance du corps qui porte ombre au carton ou au micromètre, par c la largeur *AB* de ce corps, et enfin par d la longueur d'une ondulation lumineuse, l'équation d'un des cercles sera :

$$(y-\tfrac{1}{2}c)^2+x^2=b_2;$$

Et celle de l'autre :

$$(y+\tfrac{1}{2}c)^2+x^2=(b+\tfrac{1}{2}d.)$$

Pour avoir la valeur de y, correspondant au point d'intersection des deux cercles, il faut diminuer x entre ces deux équations; et l'on trouve, en négligeant le carré de d, à cause de l'extrême petitesse de cette quantité,

$$y=\frac{bd}{2c}.$$

La distance entre les deux bandes obscures du 1[er] ordre est donc égale à $\frac{bd}{c}$. Les deux bandes obscures du 2[me] ordre étant données par l'intersection de deux cercles dont les rayons diffèrent d'une ondulation et demie, pour avoir l'intervalle qui les sépare, il suffit de substituer dans cette formule $\frac{3}{2}$ d à $\frac{1}{2}$ d, ou 3 d à la place de d, et l'on trouve $\frac{3bd}{c}$. On aurait de même pour la distance entre les deux bandes du 3[me] ordre $\frac{5bd}{c}$, et

ainsi de suite. On voit, d'après cela, que la distance entre deux bandes consécutives est toujours égale à $\frac{bd}{c}$, de quelque ordre qu'elles soient, et que les franges intérieures doivent par conséquent diviser l'ombre en intervalles égaux, comme l'expérience le prouve.

C'est surtout dans l'étude des bandes intérieures que la loupe est bien supérieure aux autres moyens d'observation : en recevant l'ombre sur un carton, le peu d'éclat de ces franges empêche très-souvent de les distinguer.

J'ai fait, à l'aide du micromètre, un grand nombre d'observations sur la largeur des franges intérieures produites par la lumière blanche, en me servant de fils métalliques de différentes grosseurs, et les résultats de mes expériences ont toujours été d'accord avec ceux du calcul. Mais, afin de ne pas allonger inutilement ce Mémoire déjà trop étendu pour les bornes d'un journal, je présenterai seulement les résultats des observations que nous avons faites, M. Arago et moi, dans une lumière homogène. Le grand degré de simplicité auquel le phénomène se trouve alors ramené ajoute à la certitude des mesures et à l'évidence des conséquences que l'on en déduit.

Pour obtenir une lumière homogène, nous nous sommes servis du même verre coloré que nous avions employé dans nos observations sur les franges extérieures. La valeur de d qu'il faut substituer dans la formule est donc toujours $0^{m},000000623$.

TABLEAU COMPARATIF

Des résultats de l'observation et de la théorie pour les bandes intérieures produites par une lumière rouge homogène.

	DISTANCE du point lumineux au fil mét.	DISTANCE du fil au microm.	DIAMÈTRE du fil.	NOMBRE des intervalles compris dans chaque mesure.	LARGEURS mesurées.	LARGEURS calculées.	DIFFÉRENCES.
	m.	m.	m.		m.	m.	m.
1	1,430	0,546	0,00076	1	0,00045	0,00045	0
2	1,430	0,546	0,00101	3	0,00098	0,00101	—0,00003
3	5,95	0,546	0,00101	3	0,00098	0,00101	—0,00003
4	1,447	1,093	0,00156	3	0,00130	0,00131	—0,00001
5	1,447	1,093	0,00256	7	0,00190	0,00186	+0,00004

Ces observations, comme on voit, s'accordent fort bien avec les résultats du calcul, et prouvent directement que la largeur des franges intérieures est en raison inverse de celle du corps opaque et indépendante de sa distance au point lumineux, ainsi qu'on pouvait le conclure de la formule $\frac{bd}{e}$, qui exprime l'intervalle entre deux bandes consécutives. Elle indique en même temps que les franges intérieures se propagent en ligne droite, puisque leurs largeurs et leurs distances à l'axe *SD* (*fig.* 1[re]) sont proportionnelles à la distance *b* du corps qui projette l'ombre au carton sur lequel on la reçoit. Ainsi les hyperboles qui déterminent leur position n'ont pas une courbure sensible comme celles suivant lesquelles se propagent les franges extérieures.

La seule inspection de la formule $\frac{bd}{c}$ fait voir pourquoi l'ombre d'une aiguille ou de tout autre corps pointu s'ouvre en deux vers la pointe, et se divise en franges d'autant plus nombreuses et plus rapprochées entre elles qu'elles s'éloignent davantage de l'extrémité du style. Il est facile de concevoir, d'après la même théorie, pourquoi vis-à-vis les deux extrémités d'un petit papier collé au fil métallique dont on observe les franges intérieures, elles se portent du côté du papier en se rapprochant les unes les autres, jusqu'à ce qu'elles se fondent dans son ombre.

Lorsqu'on présente une carte très-obliquement aux rayons de lumière de manière à produire des franges dans l'intérieur de son ombre, si cette carte n'est pas trop rapprochée du point lumineux, les bandes intérieures paraissent placées d'une manière symétrique par rapport aux bords de l'ombre, c'est-à-dire, que l'intervalle clair qui sépare les deux bandes obscures du premier ordre se trouve sensiblement au milieu de l'ombre malgré l'obliquité de la carte, comme dans le cas où l'on emploie un cylindre. Il est facile de s'en rendre raison : les ondulations doivent être comptées du point lumineux et non pas des bords de la carte. Le milieu de la bande brillante comprise entre les deux raies obscures du 1[er] ordre, est produit par la rencontre des ondulations qui sont parties en même temps du point lumineux : or, dans le quadrilatère formé par les rayons qui vont du point lumineux au bord de la carte, et des bords de la carte au milieu de la bande brillante, ces rayons faisant entre eux des angles très-petits, et la différence entre les deux premiers côtés du quadrilatère étant égale à la différence entre les deux

autres, la ligne droite qui joint le point lumineux et l'angle opposé divise en deux parties sensiblement égales l'angle formé par les deux rayons incidens, et le milieu de la bande brillante doit être fort peu éloigné du milieu de l'ombre géométrique (1).

---

(1) Soit c, fig. 3, le point lumineux, A et B les deux bords de la carte, M le milieu de la bande brillante du 1er ordre, formée par la rencontre des rayons infléchis BM et AM, c'est-à-dire, un point placé de telle manière qu'on ait $CB + BM = CA + AM$. Je suppose que des points A, B et M on ait abaissé les perpendiculaires AE, BF, MG sur la droite CG qui divise en deux parties égales l'angle ACB, et qui détermine par conséquent le milieu de l'ombre géométrique. Si l'on représente CF par a, FG par b, EF par f, et BF par e, on trouve pour la valeur de MG, c'est-à-dire pour la distance du milieu de la bande brillante du 1er ordre, au milieu de l'ombre géométrique $\frac{e}{af}\left(a(b+f)+b(a-f)-2\sqrt{ab(a-f)(b+f)}\right)$, en négligeant les termes multipliés par les autres puissances de e. On peut, au moyen de cette formule, calculer avec une exactitude suffisante combien le milieu de la bande brillante du 1er ordre doit être éloigné du milieu de l'ombre géométrique. Je suppose, par exemple, $d = 2^m$, $f = 0^m,04$, $e = 0^m,002$, et $b = 0^m,752$. (L'intervalle entre les bandes intérieures est alors d'un dixième de millimètre à très-peu près.) En substituant ces valeurs de a, b, e et f dans la formule, on trouve pour la valeur de MG, $0^m,000048$, c'est-à-dire, un peu moins de la moitié d'une frange.

Si l'on prend pour second exemple $a = 0^m,50$, $f = 0^m,04$, $e = 0^m,002$, et $b = 0^m,366$ (l'intervalle entre les franges intérieures est alors d'un demi-dixième de millimètre environ),

En rapprochant la carte du point lumineux on augmente l'angle du quadrilatère, et le milieu de la bande brillante doit s'éloigner du milieu de l'ombre en se portant vers le côté de la carte le plus près de la loupe. C'est aussi ce que j'ai observé. Le défaut de symétrie dans la position des franges intérieures se trouve encore augmenté par une autre cause, lorsqu'on rapproche la carte du point lumineux : la différence entre les quantités dont l'ombre géométrique est dépassée de chaque côté par l'ombre réelle devient alors plus sensible, puisqu'elle doit croître dans le même rapport que la différence de largeur entre les bandes extérieures produites par les deux bords de la carte.

Je n'ai point encore comparé dans ce cas, par des mesures exactes, la théorie et l'expérience ; mais je ne doute pas qu'elles ne s'accordent aussi bien que dans les cas plus simples que j'ai choisis pour mes observations; car le phénomène est toujours de même nature, et il n'y a de différence que dans la complication des circonstances.

J'ai pensé qu'il serait intéressant de vérifier encore la

---

on trouve pour la valeur de MG, $0^m,000162$. On voit que dans ce second cas, où la carte est plus près du point lumineux, la distance entre le milieu de la bande brillante du 1[er] ordre et le milieu de l'ombre géométrique devient plus considérable, et est plus que triple de l'intervalle compris entre deux bandes consécutives. Si le carton augmente de largeur, MG augmentera aussi. Supposons, par exemple, que f soit égal à un décimètre, toutes les autres quantités restant les mêmes, on trouvera pour MG, $0^m,0004$, c'est-à-dire huit fois la largeur d'une frange.

formule qui donne la largeur des franges extérieures dans une des limites de la loi de la diffraction, en mesurant l'ombre d'un fil éclairé par une étoile; pour cela j'ai choisi une étoile très-brillante, et je me suis servi d'une lentille peu convexe, afin de ne pas trop affaiblir la lumière : cette lentille avait deux pieds de longueur focale. Le fil de fer, qui avait un millimètre de diamètre, était placé à 8 mètres de distance du foyer de la lentille. La largeur de son ombre, entre les deux bandes extérieures du 1er ordre, calculée d'après la formule $\frac{c(a+b)}{a}+2\sqrt{\frac{2db(a+b)}{a}}$ qui devient $c+2\sqrt{2db}$ lorsque le point lumineux est infiniment éloigné, devait être par conséquent $0^m,00707$. J'avais fixé sur un petit cadre que la lentille portait à son foyer deux fils parallèles espacés de soixante-dix millimètres, distance mesurée de milieu en milieu le plus exactement possible. Ces fils étaient éclairés par une lampe. Ayant l'œil placé à l'autre foyer de la lentille, je voyais à la fois ces deux fils et l'ombre du fil de fer, qui marchait d'occident en orient par l'effet du mouvement diurne. Je tournais la lentille un peu à l'orient, et j'attendais le moment où les parties les plus sombres des deux franges passaient sur les fils du petit cadre. Il m'a toujours semblé qu'il se trouvait au milieu de chacune en même temps, et j'ai répété dix fois cette expérience. Je dis *il m'a semblé*, parce que le mouvement involontaire de ma tête, qui n'était pas appuyée, et la distance à laquelle mon œil se trouvait des fils, à cause du peu de convexité de la lentille, m'empêchaient de voir bien nettement à la fois ces deux fils et l'ombre du fil de fer. Avec une lentille un peu plus convexe, d'un pied ou de dix-huit pouces de foyer, on distinguerait

mieux les fils, et la lumière de l'étoile ne serait pas encore assez affaiblie pour qu'on ne vît nettement les deux franges extérieures du 1er ordre.

Il est utile de remarquer qu'il peut arriver dans beaucoup de circonstances que les bandes intérieures, en sortant de l'ombre, conservent assez de force pour influer sensiblement sur les franges extérieures. Cela dépend de la largeur du corps opaque et de la distance à laquelle on observe son ombre. Le phénomène devient alors très-compliqué en apparence; et les espèces d'anomalies qui en résultent me semblaient tout-à-fait inexplicables lorsque je commençai à m'occuper de la diffraction. On peut éviter ce mélange des franges, qui occasionerait des erreurs dans les observations, en augmentant ou diminuant suffisamment le diamètre du corps opaque.

Les franges extérieures, celles que l'on observe dans l'intérieur des ombres et qui prouvent si bien l'influence que les rayons lumineux exercent les uns sur les autres, font voir aussi que les rayons qui ont été obscurcis par la discordance de leurs vibrations redeviennent lumineux ensuite dans la partie du trajet où les ondulations sont d'accord, et qu'ainsi ils peuvent reprendre leur éclat après l'avoir perdu momentanément. Les ondulations en se croisant se modifient sans doute au point de discordance. Mais leur mouvement réglé et leur forme circulaire se rétablissent ensuite. C'est de ce principe que j'ai tiré les formules dont je me suis servi et que l'expérience confirme.

Il est à remarquer que dans la partie des bandes obscures où la discordance est la plus complète il y a encore un peu de lumière, même lorsqu'on forme le point lumi-

neux avec une seule espèce de rayons. Si l'angle sous lequel se croisent les rayons était infiniment petit, et que la discordance de leurs vibrations fût la plus grande possible, c'est-à-dire d'une demi-ondulation, alors leurs mouvemens se contrariant constamment, ils perdraient peut-être complètement leurs propriétés lumineuses.

Les franges du 2e ordre, du 3e, du 4e, etc., tant intérieures qu'extérieures, formées par la rencontre d'ondulations qui ne sont pas parties en même temps du point lumineux, font voir que les ondulations ont lieu aux mêmes points de l'espace pendant plusieurs vibrations consécutives; et c'est ce qu'il serait très-naturel de supposer qnand même on n'en aurait pas cette preuve.

La théorie de la diffraction que je viens d'exposer est fondée sur l'accord des vibrations (du moins dans un angle sensible) des différens rayons partant d'un même point lumineux. Comment cet accord se trouve-t-il établi au foyer d'une lentille, dans un petit trou au travers duquel on fait passer la lumière? comment se fait-il que ce petit trou et le foyer de la lentille deviennent les centres des ondulations lumineuses? C'est ce qu'il s'agit d'expliquer.

Une particule incandescente, dont les vibrations produisent des ondulations lumineuses, doit être évidemment le centre de ces ondulations. On peut en dire autant de toutes les particules dont un corps incandescent est composé. Lorsqu'il est assez peu étendu ou assez éloigné pour être vu sous un angle infiniment petit, comme les étoiles, par exemple, les franges produites par ces diverses particules radieuses se trouvent à la même place, et le phénomène se passe comme si les rayons partaient d'un même point.

De quelque manière qu'on forme un point lumineux, la source de la lumière est toujours un corps incandescent, dont chaque particule est le centre d'ondulations sphériques. Lorsqu'elles passent par un petit trou, une partie de la lumière est infléchie par ses bords dans une foule de directions différentes, et forme de nouvelles ondulations sphériques dont les centres sont sur les bords du trou; car les ondulations ont toujours la même longueur, quelle que soit la direction suivant laquelle les rayons aient été infléchis.

Quelque petit que soit le trou, comme il n'est jamais un point mathématique, les rayons infléchis par ses bords n'ont pas exactement les mêmes centres d'ondulation, et l'accord de leurs vibrations ne s'étend pas à une distance indéfinie de l'axe du faisceau lumineux; mais l'espace dans lequel elles s'accordent sensiblement est en raison inverse de largeur du trou, et devient considérable lorsque le trou est suffisamment étroit.

Ainsi une partie de la lumière, après avoir traversé le petit trou, formera dans des angles sensibles des ondulations sphériques ayant leurs centres à ce trou; et cela suffit pour la production des franges.

On se demandera maintenant si les rayons directs, dont les ondulations n'ont pas leur centre au petit trou comme les rayons infléchis, ne peuvent pas produire des franges d'une largeur différente et qui rendent celles-ci confuses. Il est aisé de voir que cela ne doit pas avoir lieu lorsque le trou est suffisamment étroit.

En effet, soit *C* (*fig.* 4) une des sources des ondulations lumineuses, *A* et *B* les bords du trou, et *AF* sa distance au corps opaque. Je suppose que le diamètre

AB du trou soit extrêmement petit par rapport à *AF*. Des points *C*, *A* et *B* comme centres, je décris les arcs de cercle *EFG*, *FHK*, *GKL*.

Pour que l'arc *FHK* ait une étendue sensible par rapport à son rayon, il faut qu'il soit beaucoup plus grand que le diamètre du trou, ce qui ne peut avoir lieu que lorsque le point *C* est très-près de *AB*. Mais alors *AC* étant très-petit par rapport à *AF*, l'arc *FHK* a presque la même courbure que les arcs *EFG* et *GKL*; et les franges produites par les rayons directs doivent coïncider sensiblement avec celles que font naître les rayons infléchis. Quand, au contraire, le point lumineux *C* s'éloigne de *AB*, la courbure de l'arc *FHK* diffère de plus en plus de celle des deux autres; mais en même temps que cette différence augmente, la longueur de l'arc diminue; en sorte que l'anse de panier *EFHKL* doit toujours coïncider sensiblement avec le cercle décrit du point *D* comme centre. Ainsi la différence de courbure entre les ondulations des rayons directs et des rayons infléchis, ne peut pas influer d'une manière sensible sur la position et la netteté des franges lorsque le trou est suffisamment étroit.

Passons maintenant au cas où le point lumineux est formé par une lentille très-convexe. Je ne considérerai, comme dans le cas précédent, que les ondulations formées par les vibrations d'une des particules du corps éclairant, ce qu'on dit de l'une pouvant s'appliquer à toutes les autres. Je supposerai, pour simplifier le calcul, qu'elle est à une distance infinie, comme celle du soleil, et que les rayons réfractés ne sortent pas du verre, afin de n'avoir qu'une réfraction à considérer. On verra

facilement qu'on peut appliquer les mêmes raisonnemens à des circonstances plus compliquées.

Soient donc *DA* et *EB* deux rayons lumineux parallèles vibrant d'accord, *IAB* la surface du verre, *C* son centre, et *F* le foyer où se réunissent les deux rayons réfractés *AF* et *BF*. Je suppose *AD* perpendiculaire à la surface du verre, en sorte que la réfraction ne change pas sa direction. Par le point *A*, je mène *AH* perpendiculairement aux rayons incidens ; *A* et *H* sont des points correspondans des mêmes vibrations. Le rayon *EB* a encore *HB* à parcourir dans l'air lorsque le rayon *DA* est déjà entré dans le verre : or, l'équivalent de *HB* dans le verre est la même longueur divisée par le rapport entre le sinus d'incidence et celui de réfraction dans le passage de la lumière de l'air dans le verre. C'est une conséquence de la théorie des vibrations, comme je le ferai voir en donnant dans cette théorie l'explication de la réfraction. Je représente par p ce rapport, par r le rayon du cercle *IAB*, et par i l'angle d'incidence *EBG*. Après avoir calculé *AF*, *BF* et *HB*, en ajoutant *BF* à l'équivalent de *HB* dans le verre et retranchant cette somme de *AF*, je trouve :

$$r\left(1-\frac{p-1}{\sqrt{p^2-\sin^2 i}-\sqrt{1-\sin^2 i}}-\frac{1-\sqrt{1-\sin^2 i}}{p}\right)$$

Cette expression donne la différence entre les vibrations des rayons à leur point de concours *F*. En la réduisant en série et négligeant tous les termes au-delà de la quatrième puissance de *sin.i*, on trouve :

$$-r\frac{(p-1)}{8p3}\sin_4 i.$$

Il est facile de voir, d'après cette formule, que la différence entre les vibrations des deux rayons au point *F* n'est encore qu'une petite partie de la longueur d'une ondulation, lorsque *r* et *i* ont déjà des valeurs assez considérables. Si *r*, par exemple, était égal à un centimètre, pour que la discordance fût complète, c'est-à-dire, pour que les deux rayons différassent d'une demi-ondulation au foyer, il faudrait que *i* fût de 10°; et l'arc *AB* étant de 5° 36′, les rayons réfractés ne différeraient au point *F* que du dixième d'une demi-ondulation. Or, l'angle *AFB* est environ le tiers de *i*. On voit donc que, lorsqu'une lentille est suffisamment convexe, les rayons qu'elle a réunis à son foyer vibrent d'accord dans des angles très-sensibles.

Je vais expliquer maintenant, d'après ces considérations, comment il se fait qu'on peut observer les franges en recevant les ombres sur une loupe et en les regardant au travers. Il est nécessaire, pour compléter la théorie de la diffraction, d'ajouter ici cette explication, que j'avais omise dans le Mémoire présenté à l'Institut.

L'effet de la loupe est de réunir au fond de l'œil les rayons qui se sont croisés à son foyer, qui sont partis d'un même point de la surface focale. Or, les franges situées dans cette surface et qui se peindraient sur un carton que l'on y placerait, sont produites par la rencontre des ondulations des rayons qui s'y sont croisés. Le croisement des mêmes rayons se reproduit au fond de l'œil; et comme leurs points d'incidence sur la loupe sont très-rapprochés, la réfraction, ainsi que je l'ai fait voir, ne doit pas altérer sensiblement les accords ou les discordances de leurs vibrations. Voilà pourquoi la loupe

peint sur la rétine des franges absolument semblables aux franges aériennes qui se trouvent à son foyer.

Lorsque le corps opaque est au foyer même de la lentille, les rayons réfléchis ou infléchis par un même point de sa surface, se réunissent aussi en un seul point sur la rétine, ce qui ne permet plus le développement des franges. Mais si l'on approche la loupe davantage, les rayons partis du bord du corps ne peignent plus une simple ligne au fond de l'œil et y occupent un espace plus large, dans lequel leur rencontre avec les rayons directs reproduit les franges. Il est aisé de concevoir, en y réfléchissant un peu, que ces franges doivent être absolument semblables à celles qu'on voyait quand le foyer de la loupe était autant en deçà du corps opaque qu'il se trouve au-delà.

L'angle sous lequel les rayons lumineux se croisent au foyer restant le même, l'arc compris entre les points d'incidence sur la surface de la lentille est toujours du même nombre de degrés, quel que soit le rayon de cette surface; et les variations que la réfraction fait éprouver aux accords et aux discordances des ondulations sont alors proportionnelles au rayon de la lentille.

A mesure qu'on rapproche la loupe du corps qui porte ombre, l'angle sous lequel se croisent les rayons directs et les rayons réfléchis augmente, ainsi que la distance entre leurs points d'incidence sur la surface de la lentille. Les variations produites par la réfraction dans les rapports de vibration des rayons doivent donc augmenter aussi et devenir d'autant plus sensibles que la lentille est moins convexe. C'est pour cette raison qu'il est nécessaire de se servir d'une forte loupe lorsqu'on veut observer les franges très-près de leur origine.

Pour calculer ces variations avec exactitude, il faudrait avoir égard aux différentes réfractions que les rayons éprouvent dans la lentille et dans la prunelle, et ces calculs deviennent très-compliqués. Je me propose cependant de les faire et d'en déduire une formule approximative, comme celle que j'ai donnée ci-dessus pour le cas fort simple que j'avais choisi.

Dans le Mémoire que j'ai présenté à l'Institut, j'avais expliqué par la même théorie des accords et des discordances des vibrations lumineuses les images colorées que réfléchissent les surfaces rayées et celles qu'on aperçoit au travers d'un tissu très-fin, et j'en avais déduit les formules qui représentent la loi de ces phénomènes. Mais ayant appris de M. Arago que le docteur Young avait donné depuis long-temps les mêmes explications et les mêmes formules, je n'en ferai pas mention ici, et je terminerai ce Mémoire par l'explication des lois de la réflexion et de la réfraction déduites de l'influence que les rayons de lumière exercent les uns sur les autres. Huyghens, et après lui Euler, ont rendu raison de ces lois par la théorie des ondulations. Si je présente de nouveau des explications à peu près semblables, c'est qu'en y appliquant la théorie de l'influence que les rayons lumineux exercent les uns sur les autres, on y ajoute, il me semble, plus de force et de clarté, et qu'en faisant entrer en considération la longueur des ondulations lumineuses, on peut donner une définition précise de ce qui constitue le poli.

On voit dans le phénomène de la diffraction que les rayons de lumière qui rasent le bord d'un corps sont réfléchis et infléchis dans une foule de directions différentes,

sans qu'on puisse expliquer complètement cette diversité de directions par la forme cylindrique de l'arête ou de la surface du corps; car la dispersion de la lumière varierait avec la courbure du cylindre, et c'est ce qui n'a pas lieu d'une manière sensible, du moins dans le voisinage de l'ombre, puisque le dos et le tranchant d'un rasoir donnent des franges d'un égal éclat. L'hypothèse la plus naturelle, c'est que les molécules du corps mises en vibration par la lumière incidente deviennent les centres de nouvelles ondulations. L'analogie conduit à supposer que, dans la réflexion, les molécules qui composent la surface du corps réfléchissant deviennent aussi des centres de nouvelles ondulations lumineuses. Comment se fait-il que ces ondulations ne se propagent d'une manière sensible que dans une direction qui fait avec cette surface un angle égal à celui d'incidence? C'est ce qu'il est facile d'expliquer, en faisant voir que, dans toute autre direction, les vibrations des rayons réfléchis se contrarient et se détruisent mutuellement.

En effet, soit *AB* (*fig.* 6) la surface d'un corps poli, *ED* et *FG* deux rayons incidens très-voisins, *GK* et *DL* les rayons réfléchis. Par le point *G* je mène *GI* perpendiculaire aux rayons incidens. Ces deux rayons vibrant d'accord, *G* et *I* seront des points correspondans des mêmes vibrations. Par le point *D* je mène aussi *DC* perpendiculairement aux rayons réfléchis. L'angle *CGD* étant égal à l'angle *IDG*, *GC* est égal à *ID*, *D* et *C* sont aussi des points correspondans des mêmes ondulations, et il y a accord parfait dans les vibrations des rayons réfléchis. Mais si l'angle *CGD* n'était pas égal à l'angle *IDG*, *CG* ne serait plus égal à *ID*; *C* et *D* ne

seraient plus des points correspondans des mêmes ondulations, et il y aurait discordance entre les vibrations des rayons réfléchis. Or, on peut toujours concevoir les deux rayons incidens à une distance telle l'un de l'autre, que la discordance des rayons réfléchis soit complète, c'est-à-dire, d'une demi-ondulation ; et comme ils sont d'une force égale, leurs vibrations se détruiront mutuellement, ou du moins s'affaibliront considérablement ; car on sait que les corps les mieux polis éparpillent encore une certaine quantité de lumière.

Cette explication des lois de la réflexion n'oblige pas d'admettre que la lumière est repoussée à des distances sensibles, ou que la surface des corps polis est absolument sans aspérités ; il suffit de supposer seulement que ces aspérités sont très-petites par rapport à la longueur des ondulations lumineuses, et l'on conçoit alors pourquoi, sous un angle de réflexion égal à celui d'incidence, l'œil doit recevoir beaucoup plus de lumière que dans toute autre direction. Cette définition du poli, tirée de la théorie des accords et des discordances des vibrations lumineuses, me paraît d'autant plus satisfaisante qu'on l'approfondit davantage.

C'est par de semblables considérations qu'on peut expliquer les images colorées que réfléchissent les surfaces rayées et les feux de diverses nuances que lancent les fils métalliques très-fins exposés à la lumière du soleil ou à celle d'une bougie. Des cylindres métalliques d'un petit diamètre, quoique plus considérable que celui de ces fils, réfléchissent aussi des images colorées lorsqu'ils sont éclairés par un point lumineux. La grande convexité de ces cylindres fait sans doute qu'un même point de leur surface peut

réfléchir de la lumière dans différentes directions. Car s'il n'y avait de rayons réfléchis que ceux qui font avec la surface un angle égal à celui d'incidence, comme ils divergent tous et d'autant plus que le cylindre est d'un plus petit diamètre, réduits ainsi à des lignes, ils ne pourraient exercer aucune influence les uns sur les autres, et il n'y aurait pas de raison pour que, la lumière incidente étant blanche, la lumière réfléchie fût colorée. L'explication que je viens de donner de la régularité de la réflexion sur les surfaces polies est fondée sur ce que deux rayons incidens peuvent toujours être situés à une distance telle l'un de l'autre, que les rayons réfléchis diffèrent d'une demi - ondulation lorsque l'angle de réflexion n'est pas égal à celui d'incidence. Or, l'intervalle qui sépare les deux points d'incidence, satisfaisant à cette condition, doit être d'autant plus considérable que l'angle de réflexion diffère moins de celui d'incidence; et l'on conçoit, d'après cela, que sur une surface très-convexe, un rayon réfléchi qui fait avec elle un angle peu différent de celui d'incidence, ne puisse se trouver en discordance complète avec aucun autre rayon réfléchi.

Je vais maintenant expliquer la loi de la réfraction par la même théorie.

Newton a observé que, lorsqu'on introduit de l'eau entre deux objectifs, les anneaux colorés diminuent de largeur, et il a trouvé en mesurant leurs diamètres, que les épaisseurs des lames d'eau et d'air qui réfléchissent les mêmes anneaux, sont entre elles dans le même rapport que les sinus d'incidence et de réfraction pour le passage de la lumière de l'eau dans l'air. La conséquence toute naturelle que l'on tire de ce fait dans le système des vibra-

que les ondulations de la lumière dans l'eau
ourtes que dans l'air dans le rapport du sinus
e au sinus de réfraction.

acile de déduire la loi de la réfraction de ce
qu'on peut étendre à tous les milieux.

B (*fig.* 7) la surface qui sépare les deux corps
ns, *FG* et *ED* deux rayons incidens très-voi-
K et *DL* deux rayons réfractés. Par le point *G*
GI perpendiculaire aux rayons incidens ; *G* et *I*
ans chacun d'eux des points correspondans des
vibrations. Du point *D* j'abaisse sur *GK* la per-
laire *DM*. L'angle *IGD* est égal à l'angle d'in-
e, et *GDM* à celui de réfraction. Prenant *GD*
rayon, *ID* est le sinus d'incidence et *GM* celui de
tion. Ainsi, lorsque le sinus d'incidence sera à ce-
réfraction comme la longueur des ondulations des
s incidens à celle des ondulations des rayons ré-
tés, *ID* et *GM* représenteront des parties équiva-
es de ces ondulations, et *M* et *D* seront, par consé-
nt, des points correspondans des mêmes vibrations.
is il est clair que, dans toute autre direction, cela ne
ut plus avoir lieu, et que les vibrations des rayons ré-
ctés se contrarient. Or, on peut toujours les concevoir
une distance telle l'un de l'autre que la discordance soit
mplète, c'est-à-dire, d'une demi-ondulation. Ainsi la
mière ne peut se propager que suivant une direction
unique, et telle que le sinus de l'angle de réfraction soit à
celui d'incidence dans le même rapport que les longueurs
d'ondulation de la lumière dans les deux milieux.

La théorie des ondulations conduit à une conséquence

absolument opposée à celle que Newton a tirée de son explication de la réfraction par l'attraction; c'est que la marche de la lumière est plus lente dans les corps denses que dans les corps rares, suivant le rapport des sinus d'incidence à celui de réfraction; car chaque ondulation devant s'accomplir dans le même intervalle de temps dans les deux milieux, la vitesse de la lumière est proportionnelle à la longueur de ces ondulations.

Le système qui fait consister la lumière dans la vibration d'un fluide infiniment subtil répandu dans l'espace, conduit ainsi à des explications satisfaisantes des lois de la réflexion, de la réfraction, du phénomène des anneaux colorés dans toute sa généralité, et enfin de la diffraction, qui présente des phénomènes très-variés dont la théorie newtonienne n'a jamais pu rendre raison. A la vérité, la double réfraction et la polarisation n'ont pas encore été expliquées dans le système des ondulations; mais l'ont-elles été davantage dans celui de Newton? L'explication que ce grand géomètre a donnée de la double réfraction ne peut être considérée que comme une manière simple et commode de présenter les faits; car, supposer avec lui que les molécules lumineuses ont des pôles, ce serait pousser trop loin l'analogie.

A l'explication que j'avais donnée des principaux phénomènes de la diffraction, j'avais joint, dans le Mémoire déposé à l'Institut, plusieurs objections contre le système de Newton, auxquelles il me paraît difficile de répondre complètement. Je les ai retranchées de celui-ci, ayant réfléchi que cette complication pouvait nuire à la clarté des démonstrations et à la liaison des idées dans l'exposition de la théorie que j'ai adoptée. Je

me propose de réunir ces objections et de les présenter au Public dans un second Mémoire qui servira de complément à celui-ci.

MÉMOIRE

Sur la nature et les combinaisons d'un nouvel Acide végétal, suivi de Réflexions sur l'état dans lequel les Acides peuvent avoir préalablement existé dans les végétaux.

PAR M. DONOVAN.

(Transactions philosophiques de 1815, 2e partie, p. 231.)

Extrait par M. COLIN.

L'AUTEUR a découvert, pour la première fois, cet acide dans les baies du *sorbus* ou *pyrus aucuparia*, où il se trouve mêlé à l'acide malique. C'est la saveur désagréablement acide de ces fruits qui a d'abord fixé son attention, et qui lui a fait soupçonner l'existence d'un acide particulier, quoique Schéele eût avancé qu'ils ne contenaient que de l'acide malique.

Après avoir examiné successivement l'acide malique obtenu par les divers procédés connus aujourd'hui, M. Donavan s'est assuré que cet acide n'existe jamais seul dans les fruits *mûrs;* qu'il y est toujours accompagné par l'acide *sorbique* (nom dont l'auteur se sert pour désigner l'acide qu'il a découvert), et que ces deux acides, quand ils s'y trouvent ensemble, excluent tous les autres;

que cependant les baies du sureau noir (probablement à cause de l'immense quantité de mucilage et de matière colorante qu'elles présentent) ne renferment que de l'acide malique. Les fruits qui contiennent à la fois les acides malique et sorbique sont les pommes, les prunes, les baies du sorbier, celles de l'épine-vinette, et les prunes sauvages ou prunelles. Parmi ces fruits, les baies du sorbier sont ceux qui contiennent la plus grande quantité d'acide sorbique : les pommes vertes en contiennent moins, les pommes mûres et les prunelles moins encore, les fruits de l'épine-vinette très-peu, et les prunes moins que tous les autres. Les baies *vertes* du sorbier, peut-être celles du sureau, et la plante appelée *sempervivum tectorum* (la joubarbe), ne contiennent pas d'autre acide que l'acide malique; et, ce qui est d'accord avec ce qui vient d'être dit, les framboises et les groseilles, quoiqu'elles contiennent les acides malique et citrique, comme Schéele l'avait effectivement démontré, ne renferment point d'acide sorbique.

Pour obtenir le nouvel acide, on se procure des baies du *sorbus aucuparia* aussitôt qu'elles sont arrivées à leur maturité. « Ces baies, après avoir été broyées suffisamment dans un mortier de porcelaine, sont soumises à une forte pression dans un sac de toile. Si elles ont été cueillies dans le temps le plus favorable, elles fournissent environ la moitié de leur poids de jus, à 1,077 de densité. Celui-ci, après une décantation convenable, doit être passé et mêlé avec une dissolution filtrée d'acétate de plomb. Le précipité doit être recueilli sur un filtre, et pour en séparer la matière colorante non combinée,

il faut le laver à l'eau froide. Une très-grande quantité d'eau bouillante est alors versée sur le filtre, et ce qui passe est reçu dans différentes jarres de verre. Après quelques heures, les lavages deviennent opaques et déposent enfin des cristaux d'un grand éclat. Ceux qui ont été formés dans les eaux de lavage colorées doivent être rassemblés, séchés à l'air et mis à part pour un nouvel examen.

« La masse primitive qui est restée sur le filtre, et de laquelle les cristaux ont été obtenus, étant maintenant dure et cassante, est incapable d'en fournir davantage sans subir une nouvelle opération. Il faut la faire bouillir pendant une demi-heure avec un peu plus d'acide sulfurique étendu qu'il n'est nécessaire pour décomposer le sel, et quand la liqueur est froide on la filtre. Elle est ensuite mêlée une seconde fois à l'acétate de plomb, le précipité lavé comme la première fois avec de l'eau bouillante, et les cristaux pris seulement dans les lavages incolores. La masse qui reste se durcit encore une fois : on la soumet à un nouveau traitement par l'acide sulfurique, l'acétate de plomb et l'eau chaude, ainsi qu'il a été dit; et, malgré tout cela, les cristaux réunis ne forment pas encore une quantité de matière considérable.

« Tout le produit cristallin étant sec, est ensuite mis avec deux fois et trois dixièmes son poids d'acide sulfurique à 1,090 de densité, et porté à l'ébullition pendant une demi-heure. On supplée à l'eau qui s'évapore par une égale quantité, et on prend soin d'agiter continuellement le mélange avec une baguette de verre : la liqueur est ensuite filtrée et versée dans une jarre de verre d'un petit diamètre. Tandis qu'elle est encore chaude, on y

fait passer un courant d'hydrogène sulfuré, et quand tout le plomb a été précipité, le fluide est filtré, mis dans un bassin ouvert, et soumis à l'ébullition jusqu'à ce que les vapeurs qui s'en dégagent ne noircissent plus le papier imprégné d'acétate de plomb.

« La théorie de ce procédé est facile à saisir. Quand l'acétate de plomb est ajouté au jus, le malate de plomb et la combinaison formée par le nouvel acide et le métal se précipitent; le dernier est décomposé par l'eau bouillante en un sous-sel et un sur-sel. Le sur-sel est retenu en dissolution; mais aussitôt que la liqueur est froide, le sel neutre se dépose en cristaux, et les premiers lavages contiennent plus d'acide libre. Quand l'eau bouillante n'est plus capable de surmonter l'attraction des dernières portions d'acide pour l'oxide de plomb, il ne peut plus se former de cristaux; alors, en employant l'acide sulfurique dont la puissance est plus grande, on obtient l'acide végétal libre, et l'on procède comme la première fois. Quand tous les cristaux sont recueillis, on leur ajoute une quantité d'acide sulfurique pas tout-à-fait suffisante pour les décomposer, et de cette manière on en exclut complètement celui-ci, qui, sans cette précaution, ne pourrait être séparé qu'avec une excessive difficulté. La portion de cristaux non décomposés se dissout dans l'acide végétal nouvellement extrait; mais si, pendant l'ébullition, la liqueur n'était pas remuée constamment, il se formerait au fond du vase une masse si dure, qu'elle résisterait à la décomposition. Si on laissait refroidir la liqueur filtrée, le sel neutre formerait encore un dépôt cristallin : il faut donc l'employer tandis qu'elle est chaude. Alors, un courant d'hydrogène sulfuré,

traversant une haute colonne de ce liquide, en séparera le plomb, tandis que l'acide végétal pur sera mis en liberté, souillé à la vérité par un peu du gaz précipitant. En effet, ce gaz ne disparaît pas complètement par l'ébullition, car l'acide en retient l'odeur, même après avoir bouilli long-temps; cependant une exposition de peu de jours, dans un vaisseau ouvert, la dissipe tout-à-fait.

« En préparant cet acide, il n'est pas nécessaire, comme on le fait dans l'extraction de l'acide malique, de saturer le jus des baies avec la potasse dans le commencement du procédé, parce que des deux composés formés par le mélange de l'acétate de plomb, le malate se dissout de préférence à l'autre dans l'acide acétique développé. La matière colorante qui adhère obstinément au malate de plomb, quand elle est extraite par les lavages à l'eau bouillante, teint les cristaux qui s'y forment par le refroidissement, quoiqu'ils soient d'ailleurs sans couleur lorsque ces eaux sont incolores. C'est un grand inconvénient que cette matière ne puisse pas être emportée par des lavages à l'eau froide sans décomposer une certaine quantité de sel : le seul remède est de rejeter tous les cristaux formés dans les eaux colorées, et de réserver seulement ceux qui sont d'un blanc pur. Ces cristaux sont d'une structure si délicate, qu'il faut les recueillir sur le filtre : quand ils ont été desséchés par leur exposition à l'air, ils sont éblouissans de blancheur et d'un lustre argenté, semblables en cela à l'acétate de mercure bien préparé, mais encore plus beaux.

« Cet acide nouveau a une telle tendance à former

avec le plomb un sous-sel et un sur-sel, que lorsqu'on le prend pur, et qu'après l'avoir fait bouillir avec le carbonate de magnésie avec lequel on obtient une dissolution alcaline, on le précipite par l'acétate de plomb privé de son excès d'acide, en le faisant bouillir lui-même sur du carbonate de ce métal, la liqueur filtrée rougit fortement la teinture du tournesol, malgré l'alcalinité du sel magnésien.

« L'acide sorbique, quand il est parfaitement pur, est un liquide transparent, sans couleur, inodore, soluble dans l'alcool et dans toute proportion d'eau : il est incristallisable; et s'il est évaporé à siccité, il présente une masse déliquescente. Étant soumis à la distillation, la portion de ce liquide qui se distille ne présente aucune trace d'acidité. Son aigreur est telle, qu'elle cause une sensation très-pénible sur les organes du goût. Conservé à l'état libre, cet acide ne s'altère pas beaucoup. J'en ai eu pendant plus d'un an dans une fiole bouchée, et au bout de ce temps, il n'y a pas eu d'autre changement produit que la séparation du coagulum très-délié, en petite quantité quand l'acide était très-pur, mais plus abondant lorsqu'il était impur. Quand cet acide est mêlé à l'acide malique, celui-ci est le premier à disparaître, tandis que l'autre retient ses propriétés long-temps après.

« Une certaine quantité de malate de plomb obtenu du *sempervivum tectorum*, ayant bouilli avec de l'acide sorbique et un peu d'eau, le tout, d'incolore qu'il était, devint un peu brun. La liqueur, après avoir été filtrée, était d'abord trouble; mais elle fut chauffée jusqu'à ce qu'elle eût repris sa limpidité. La solution étant filtrée

de nouveau, redevint claire, et une heure après elle laissa précipiter des cristaux en grande abondance. La masse qui restait sur le filtre contenait quelques particules qui avaient quelque chose de graveleux.

« Il est évident qu'ici le malate de plomb a été décomposé par l'acide sorbique, ce qui n'arriverait certainement pas si ce dernier n'était une substance distincte, autre que l'acide malique. Le malate de plomb n'a d'ailleurs été décomposé que partiellement. L'oxide de plomb uni à un excès d'acide sorbique a formé un sur-sorbate, tandis que l'acide malique dégagé a dissous, autant qu'il a pu, du malate échappé à la décomposition, et a formé un sur-malate de plomb. La couleur brune est due évidemment à l'acide malique devenu libre. Le sur-malate, à mesure qu'il s'est refroidi, a déposé son malate à l'état pulvérulent, et le sur-sorbate, bientôt après, a déposé du sorbate de plomb à l'état cristallin. La masse primitive contenait encore des particules graveleuses de sur-sorbate. Les choses se passent ici de la même manière que lorsque le précipité, obtenu par l'acétate de plomb et le jus des baies de sorbier, est lavé à l'eau bouillante ; il se dépose à peine quelque peu de malate, et si la liqueur contient beaucoup d'acide sorbique libre, la pellicule irisée, qui est un caractère du malate de plomb, ne se produit pas. »

Les sels formés par le plomb et le nouvel acide sont donc :

« Un sous-sorbate insoluble dans l'eau, dense et dur quand il est en masse, graveleux s'il est en poudre ;

« Un sorbate neutre, qui, s'il est obtenu par précipi-

tation, est une poudre blanche; mais qui, s'il est retiré de sa dissolution dans son propre acide, se présente alors en cristaux d'une belle couleur argentée. Ni l'un ni l'autre de ces sels n'est soluble dans cinq mille fois son poids d'eau. Le sorbate, quand il est chauffé au rouge, éprouve une combustion assez brillante.

« Enfin, un sur-sorbate qui ne prend jamais la forme solide, et dont le goût est sucré. L'acide sorbique forme donc trois combinaisons avec le plomb; mais l'acide malique n'en forme que deux, le malate neutre, qui est une poudre incristallisable et douce au toucher, et le sur-malate. Ces deux acides ne sont pas moins distincts par leurs combinaisons avec les alcalis.

« Le sorbate de potasse, quand il y a un excès d'acide, forme des cristaux permanens solubles dans l'eau, mais insolubles dans l'alcool. »

Les sorbates de soude et d'ammoniaque sont dans le même cas.

Ces trois sels ne cristallisent point sans un suffisant excès d'acide; celui de soude exige même l'aide du froid pour devenir solide. Les malates de potasse, de soude et d'ammoniaque sont reconnus pour être incristallisables et déliquescens.

« Il existe aussi des différences frappantes entre les combinaisons de ces acides avec les terres. Schéele a trouvé que lorsqu'il ajoutait du carbonate de chaux à l'acide malique, une grande quantité était dissoute; mais que la dissolution donnait avec le tournesol des indications d'un acide très-abondant, qu'il était impossible de neutraliser par de nouvelles additions de craie. »

L'auteur a obtenu les mêmes résultats avec l'acide ma-

lique du *sempervivum tectorum*, soit avec le carbonate de chaux, soit avec celui de baryte. Ainsi, il paraît que l'acide malique ne forme jamais avec le carbonate de chaux, et quelques autres, que des sels acides; et comme Schéele l'a observé, ces dissolutions, au bout de quelques jours, déposent le sel neutre en cristaux; mais avec ces carbonates, l'acide sorbique forme des sels neutres, qui se précipitent aussitôt qu'ils sont formés.

Schéele assure que le malate de magnésie est déliquescent : l'auteur l'a vérifié. Il s'est même assuré que cette terre, chauffée avec l'acide sorbique, produit une liqueur qui, après la filtration, dépose en abondance des cristaux permanens. Ils ne requièrent pas moins de 28 parties d'eau à 15° centigr. pour se dissoudre.

Enfin le malate d'alumine, d'après Schéele, est un sel très-difficilement soluble : or, le sorbate d'alumine n'existe pas. « Ainsi l'acide sorbique est un excellent moyen analytique pour séparer l'alumine des autres terres. »

Observations sur l'Acide malique.

La méthode employée par Schéele pour le retirer des groseilles, et celle qu'il faut suivre pour le retirer des pommes, de manière à ce qu'il soit exempt d'acide sorbique, sont trop compliquées. Schéele a aussi tenté d'obtenir l'acide malique en traitant le malate de chaux par l'acide sulfurique; mais cette méthode est encore plus défectueuse, parce que ce dernier acide ne précipite point la chaux complètement. La dernière manière indiquée par ce chimiste, et qui consiste à retirer l'acide malique au moyen du sucre et de l'acide nitrique faible,

outre sa complication, ne donne pas, selon M. Donovan, un acide constant. Une fois entr'autres, il a obtenu de cette manière un acide qui ne produisait d'abord aucun effet sur l'acétate de plomb, mais qui le précipitait à la longue. En le chauffant avec le carbonate calcaire, on en séparait une poudre noire qui possédait les propriétés du charbon de bois; et comme il offrait aussi quelques autres particularités, l'auteur a été convaincu qu'il y a de grandes différences entre l'acide retiré de cette manière, et celui que l'on obtient par les autres procédés. Les expériences de M. Vauquelin ayant prouvé à M. Donovan que l'acide qui est combiné à la chaux dans le *sempervivum tectorum* est le véritable acide malique, et tous les essais de l'auteur l'ayant convaincu qu'il n'y existait pas la plus petite trace d'acide sorbique, il en conclut qu'il faut adopter le procédé de M. Vauquelin, puisque, dit-il, on ne peut obtenir convenablement l'acide malique par tous les moyens généralement employés, et que dans celui-ci on le retire au contraire avec une grande facilité, et dans une beaucoup plus grande pureté que par aucune autre méthode.

Si donc on veut obtenir cet acide excessivement pur, on doit adopter le procédé suivant :

« Le jus du *sempervivum tectorum* doit être évaporé aux deux tiers; et, après un repos de quelques heures, il doit être filtré et mêlé avec une égale quantité d'alcool. Le coagulum étant séparé par le filtre, sera édulcoré avec de nouvelles portions d'alcool, et séché à l'air jusqu'à ce qu'il ne soit plus imprégné de cette liqueur, ce qui s'opposerait à sa dissolution subséquente. Cela fait, la masse sera ensuite dissoute dans l'eau et mêlée

à une dissolution d'acétate de plomb. Le précipité sera recueilli sur un filtre : après avoir été bien dégagé de l'acétate de plomb superflu, il sera traité par aussi peu d'acide sulfurique étendu qu'il en faut pour saturer l'oxide de plomb, et on le soumettra à l'ébullition. Il est même convenable que la liqueur ait encore quelque chose de doux au goût. Enfin le tout sera mis à part pendant quelques jours, et pendant cet intervalle il se déposera une petite quantité de sulfate de plomb, retenue en dissolution par l'acide malique. La liqueur sera ensuite filtrée, et on en séparera jusqu'aux dernières portions de plomb, au moyen de l'hydrogène sulfuré; le précipité noir sera séparé par le filtre et la liqueur portée à l'ébullition dans un vaisseau ouvert, jusqu'à ce que le papier humecté d'acétate de plomb ne soit plus noirci par la vapeur. Cet acide est le plus pur que l'on puisse obtenir; il retient une légère odeur d'hydrogène sulfuré, mais elle est détruite complètement par une exposition à l'air de quelques jours.

« Vauquelin, dit l'auteur, a observé que l'acide malique ainsi obtenu est à peu près sans couleur. Il était donc étendu, car j'ai trouvé qu'il devient parfaitement brun par la concentration, et j'ai décomposé et recomposé le malate de plomb plusieurs fois, usant à chaque fois du même acide malique; mais la matière colorante y adhère si fortement, que je l'ai toujours retrouvée dans l'acide résultant. Ainsi cet acide ne peut être obtenu sans couleur, et l'approximation la plus grande où l'on soit arrivé est celle que l'on obtient par le procédé de Vauquelin. »

Réflexions concernant l'état dans lequel les acides peuvent avoir préalablement existé dans les végétaux.

« J'ai été conduit plusieurs fois à cette supposition, que les acides végétaux ne sont pas formés d'abord par l'union immédiate de leurs élémens, mais qu'ils peuvent avoir existé préalablement dans une combinaison définie appelée *le principe amer*.

« Il est possible que ce principe soit une base composée, qui, par son union avec l'oxigène, ou par quelques altérations encore plus compliquées, puisse changer sa nature en devenant acide. Tout cela est une pure conjecture; elle mérite peut-être peu de considération; mais les faits qui l'ont suggérée méritent d'être notés.

« La douceur de quelques jus végétaux a été généralement attribuée à un principe doux, appelé *sucre*. De même, il a été supposé, il y a peu de temps, que l'amertume dépendait d'un principe amer qui, quoique déguisé de diverses manières, est toujours identique. Le docteur Thomson a montré que, lorsqu'on met de l'eau en digestion sur le quassia, et qu'on l'évapore ensuite à siccité, on obtient une substance transparente, qui diffère, par ses propriétés, de tous les autres principes végétaux: il la considère comme le principe amer, et je crois que c'est avec une très-grande justesse. J'ai trouvé que la liqueur obtenue par cette digestion, quoique légèrement colorée, était transparente, même vers la fin de l'évaporation. La masse résultante était à peu près transparente et en petite

quantité, comparativement au quassia employé : telle était son amertume, qu'une particule placée sur la langue, qui n'excédait pas $\frac{1}{50}$ de grain, répandait une saveur intense dans la bouche entière et jusque dans la gorge.

« Cette matière, chauffée avec l'acide nitrique, fut dissoute avec effervescence, et l'amertume disparut. La substance qui restait formait dans l'acétate de plomb un précipité qui possédait toutes les propriétés du malate de ce métal, et nul autre que l'acide malique ne paraissait être produit. Les expériences suivantes concordent avec celles-ci d'une manière remarquable.

« Quatre onces de sucre blanc et un poids égal de fort acide nitrique furent mêlés dans une cornue. L'action commença sans l'application d'une chaleur étrangère, et bientôt elle fut violente. Quand tout fut refroidi, le résidu était épais et tenace; sa saveur était acide et extrêmement amère. L'acide malique, extrait d'une portion de ce résidu au moyen de la chaux, avait une amertume qui, n'étant plus déguisée par l'acidité, devenait intense : l'autre portion, qui n'avait pas été saturée par la chaux, étant traitée avec plus d'acide nitrique, perdit toute son amertume, et il se forma de l'acide oxalique. Il paraît, d'après ces expériences, que, par l'action de l'acide nitrique sur le sucre, la substance amère disparaît, et l'acide se montre en son lieu.

« Ainsi les conjectures précédentes correspondent avec ce fait, que, par l'action de certaines substances les unes sur les autres, le principe amer est développé en même temps que les acides que je suppose avoir été produits par cette base composée. L'apparition simultanée des uns et des autres peut être expliquée, en admettant que la

conversion n'a pas été complète. Si l'on distille en effet de l'alcool avec de l'acide nitrique, il se produit une liqueur dont la saveur est douce : si cette liqueur est redistillée avec une autre portion d'acide, il survient une liqueur amère ; et si cette liqueur amère est distillée une troisième fois avec une nouvelle portion d'acide nitrique, il se forme dans le résidu des cristaux d'acide oxalique. Cette suite de changemens ressemble d'une manière frappante à celle qui est produite par l'action de l'acide nitrique sur le sucre.

« Hauffmann a observé que, lorsque l'acide nitrique est mis en digestion sur l'indigo, il en résulte une substance très-amère, à laquelle Welter a donné le nom d'*amer :* dans cette expérience il y a aussi formation d'acide oxalique.

« Les acides végétaux se forment pareillement par l'action de l'acide nitrique sur les substances animales. Dans le traitement des muscles par ce réactif on obtient l'*amer* sus-mentionné, et de l'acide oxalique. Dans la bile, le principe amer est toujours formé ; et lorsqu'on le traite par l'acide nitrique, l'acide oxalique est produit.

« L'acte de la végétation nous offre des opérations analogues aux précédentes. Le fruit du pommier sauvage est très-amer quand il est encore peu avancé, et il a peu d'acidité ; à mesure qu'il avance vers la maturité, son goût devient progressivement acide, et son amertume diminue. Les jeunes baies du *sorbus aucuparia* sont aussi amères ; mais elles contiennent un acide, quoiqu'en petite quantité. Quand ces baies sont mûres, elles contiennent deux acides ; la proportion de ce mélange est consi-

dérable; mais l'amertume a fait place à une astringence extrêmement rude.

« Il n'est pas improbable que l'amertume produite dans tous les cas précédens soit due à la formation de ce même principe, et son mélange constant avec un acide végétal semble faire paraître qu'il existe entre eux une connexion très-intime, et jusqu'à présent inconnue. »

ESSAI

D'une Classification naturelle pour les Corps simples.

PAR M. AMPÈRE.

LORSQUE les hypothèses arbitraires auxquelles les chimistes s'étaient livrés jusqu'alors furent bannies de la science, et qu'il fut reconnu qu'on devait considérer comme simples tous les corps qu'on n'avait point encore pu décomposer, le nombre de ces corps n'était pas les deux tiers de ce qu'il est aujourd'hui, il s'est accru successivement à mesure que les procédés de l'analyse chimique ont été appliqués à des composés qui n'y avaient point encore été soumis, ou qui ne l'avaient été qu'imparfaitement. Chaque fois qu'on a découvert un nouveau corps simple on a eu un terme de comparaison de plus, de nouveaux rapports ont été observés; il a fallu tantôt restreindre et tantôt généraliser les premières vues des créateurs de la chimie moderne, et le besoin de ranger les corps simples dans un ordre qui en rendît plus sensibles les rapports mutuels et facilitât l'étude de leurs propriétés s'est fait de plus en plus sentir. Cet ordre peut être purement

artificiel comme les classifications systématiques dont on a d'abord fait usage dans les autres branches des sciences naturelles; il peut aussi être déduit de l'ensemble des caractères des corps qu'on se propose de classer, et en réunissant constamment ceux qui présentent les analogies les plus nombreuses et les plus essentielles, être pour la chimie ce que les méthodes naturelles sont pour la botanique et la zoologie.

Jusqu'à présent on s'est borné (1) à ranger les corps simples d'après le degré de leur affinité pour l'oxigène et la nature des combinaisons qu'ils forment avec lui. On devait naturellement adopter ce genre de classification, lorsqu'on croyait que les propriétés qui caractérisent l'oxigène lui appartenaient d'une manière tellement exclusive, qu'aucun autre corps ne pouvait lui être associé. Mais aujourd'hui que de nouveaux faits et une interprétation plus juste des faits déjà connus, ont rectifié ce que cette partie de la théorie établie par le célèbre Lavoisier avait de trop absolu, et que d'autres substances ont offert des pro-

(1) Je n'entends parler ici que des ouvrages imprimés. M. Gay-Lussac, dans le cours de chimie qu'il fait à l'École royale Polytechnique, a établi entre les corps simples un ordre dont les détails me sont inconnus, mais dont l'ensemble se rapproche beaucoup de l'ordre que je donne dans ce Mémoire, parce qu'il m'a semblé le plus naturel. Sa principale division, qui a l'avantage de ne rompre aucune analogie essentielle, consiste à ranger dans une classe tous les corps qui peuvent former des acides en se combinant avec un autre corps de la même classe, et dans une autre, tous ceux dont aucune combinaison ne présente les propriétés des acides.

priétés semblables, il me paraît qu'on doit s'efforcer de bannir de la chimie les classifications artificielles, et commencer par assigner à chaque corps simple la place qu'il doit occuper dans l'ordre naturel, en le comparant successivement à tous les autres, et le réunissant à ceux qui s'en rapprochent par un plus grand nombre de caractères communs et surtout par l'importance de ces caractères. Le premier avantage qui résultera de l'emploi d'une pareille méthode sera de nous donner une connaissance plus exacte et plus complète de toutes les propriétés des corps simples, et souvent de ramener à des lois générales une multitude de faits isolés. Un autre avantage naîtra de ce qu'après avoir reconnu entre ceux qu'on aura ainsi réunis, des analogies tellement multipliées qu'on ne pourra se refuser à les regarder comme liés de très-près dans l'ordre naturel, on sera porté à essayer sur les uns des expériences analogues à celles qui ont été exécutées avec succès sur les autres. Une classification qui eût conduit dès l'origine de la chimie moderne à considérer toutes les bases salifiables comme appartenant à une même classe de corps, aurait engagé les chimistes à mettre la potasse et la soude en contact avec le fer à une haute température, et le potassium et le sodium auraient été découverts vingt ans plus tôt. Lorsqu'on eut reconnu que le chlore est un corps simple, on ne le compara d'abord qu'avec l'oxigène, et ce n'est que quand M. Gay-Lussac eut remarqué ses analogies avec le soufre, qu'il fut conduit à une découverte dont les suites sur les progrès ultérieurs de la chimie ne peuvent être encore qu'entrevues, celle des acides chlorique et iodique, et de la parfaite analogie des chlorates et des iodates avec les nitrates, second

rapprochement suivi presque aussitôt d'une autre découverte à laquelle il conduisait naturellement, celle du cyanogène et de la vraie nature de l'acide hydrocyanique. Enfin, ces mêmes analogies ont sans doute guidé M. Dulong dans le travail qu'il a communiqué à l'Institut, par une lettre lue dans la séance du 7 novembre 1815, où l'on voit que l'acide oxalique est composé de gaz carbonique et d'hydrogène combinés dans le rapport de deux à un en volume; que cet acide qu'il nomme en conséquence *hydrocarbonique*, conformément à la nomenclature établie, s'unit aux oxides dans une proportion telle que le volume de l'hydrogène qu'il contient est double de celui de l'oxigène de l'oxide; en sorte que quand celui-ci n'est pas très-difficile à décomposer, il se forme de l'eau, et que le gaz carbonique reste seul combiné avec le métal, comme il arrive au cyanogène, au soufre, au chlore et à l'iode, dans la formation des cyanures, des sulfures, des chlorures et des iodures.

Un troisième avantage également important est de préparer, par la classification naturelle des corps simples, celle des substances composées, travail plus considérable sur lequel je me propose de donner quelques essais dans un autre Mémoire. Je sais que les corps composés ont déjà été classés d'une manière bien plus conforme à leurs véritables analogies que ne l'ont été leurs élémens. Beaucoup de choses sans doute ont été faites à cet égard; mais il en reste peut-être davantage à faire, et la découverte des nouvelles substances dont le domaine de la chimie s'est enrichi depuis quelques années, ne peut d'ailleurs manquer de conduire à modifier et à généraliser les principes d'après

lesquels on classe aujourd'hui les substances composées, et à déterminer d'une manière plus précise la signification des noms qui servent à désigner les divers genres de combinaisons, et surtout celle des mots *acide*, *alcali*, *sel*, *etc.*

Je me bornerai dans ce Mémoire à ce qui concerne les corps simples, et je le diviserai en trois paragraphes. Je présenterai dans le premier quelques considérations générales sur l'ordre suivant lequel il convient d'arranger les corps pour que cet ordre soit le plus conforme qu'il est possible à leurs analogies naturelles, et sur les moyens d'éviter la réunion qu'on a faite jusqu'à présent, relativement aux métaux, de corps très-différens par presque tous leurs autres caractères, et qui n'ont été rapprochés que parce que l'énergie de leur affinité pour l'oxigène est à peu près la même, circonstance remarquable sans doute, mais à laquelle on a peut-être attaché trop d'importance, et que des considérations sur l'ordre naturel des corps simples, dont j'exposerai bientôt les principaux résultats, doivent faire regarder comme secondaire lorsqu'elle ne concourt pas avec d'autres analogies qui embrassent tout l'ensemble des propriétés du corps.

Dans le second paragraphe, je réunirai en genres naturels les corps qui offrent des caractères de ressemblance tellement multipliés et tellement importans, qu'il est impossible de les séparer dans toute classification qui ne serait pas purement artificielle, et je discuterai en même temps quelles places doivent occuper dans l'ordre naturel les corps simples qui semblent former le passage d'un genre à un autre, en présentant des analogies

bien prononcées avec des substances appartenant à deux genres différens. Dans ce cas, ils indiquent entre ces deux genres une analogie qu'il serait peut-être difficile de reconnaître sans leur secours, mais qui n'en est pas moins réelle, et d'après laquelle on doit les placer à la suite l'un de l'autre, de manière que le corps qui en établit la liaison se trouve à la fin du premier ou au commencement du second, afin d'être toujours entre deux corps dont il se rapproche par des caractères communs. Il ne reste plus alors qu'à déterminer auquel de ces deux genres il doit être définitivement réuni, en comparant les propriétés qu'il partage avec l'un, et celles qui lui sont communes avec l'autre, afin de se décider suivant le nombre et l'importance des analogies qui résultent de ces propriétés. Les rapprochemens auxquels ces recherches nous conduiront fixeront d'une manière invariable l'ordre naturel des corps simples, conformément à l'idée générale que je viens d'en donner.

Le dernier paragraphe de ce Mémoire aura pour objet d'examiner de nouveau les divers genres dans lesquels tous ces corps auront été distribués d'après les considérations contenues dans le paragraphe précédent, pour assigner à chacun d'eux un caractère distinctif formé de la réunion de quelques propriétés remarquables, choisies de manière qu'elles ne puissent se trouver à la fois que dans un corps appartenant au genre qu'il s'agira de caractériser, et de voir en même temps d'après quels principes de nomenclature on pourrait, si cela devenait nécessaire, établir pour chaque genre une dénomination commune à tous les corps qui en font partie.

§ Ier. *Sur l'impossibilité de concilier la manière dont on a jusqu'à présent rangé les corps simples, et les distinctions qu'on a établies entre eux, avec une classification déduite de l'ensemble de leurs propriétés, et sur l'ordre qu'il convient d'adopter pour réunir autant qu'il est possible ceux qui présentent le plus de caractères communs.*

La première source des classifications artificielles dont on s'est servi jusqu'à présent me paraît être dans l'ancienne distinction des métaux et des corps non métalliques. J'avouerai cependant que cette division ne conduit à séparer qu'un très-petit nombre de corps que l'on doive réunir dans l'ordre naturel ; qu'elle est, en général, assez conforme à la classification qui résulte de la comparaison de toutes les propriétés des corps, et qu'il suffirait même, pour qu'elle ne partageât aucun des genres que je regarde comme naturels, de séparer des métaux trois substances qu'on y réunit ordinairement, l'arsenic, le tellure et le silicium ; mais alors il devient assez difficile d'assigner un caractère qui distingue dans tous les cas les métaux des corps non métalliques. Ceux qui dans l'origine avaient servi de base à cette distinction, ne peuvent plus être employés depuis que la plupart des métaux reconnus aujourd'hui comme tels sont cassans ; qu'on en a découvert de plus légers que l'eau ; que l'iode, et même le carbone, quand ses particules sont très-rapprochées, comme dans le charbon animal, offrent l'éclat métallique et une opacité parfaite ; qu'on a reconnu dans le carbone la propriété d'être conducteur

du fluide électrique, etc. Un caractère plus important, celui de produire des bases salifiables en s'unissant à l'oxigène, ne peut être considéré comme suffisant pour caractériser exclusivement les métaux, parce que quelques métaux n'en forment pas, que l'acide borique et l'acide nitreux se combinent avec l'acide sulfurique, et que les produits de ces combinaisons ont tous les caractères des sels acides, dont ils se rapprochent même plus par leur facile cristallisation que plusieurs dissolutions métalliques dont l'oxide se précipite à mesure qu'on les évapore, dissolutions qui ne sont considérées comme des sels qu'à cause précisément qu'elles sont composées d'un acide et de l'oxide d'un corps qu'on s'est accoutumé à regarder comme un métal. Ce caractère, admis d'ailleurs comme exclusif, éloignerait le tellure de l'arsenic, et surtout de l'iode; tandis que la propriété tout autrement importante qu'il a de former avec l'hydrogène un gaz permanent acide, le place nécessairement entre ces deux corps. Le premier objet dont je m'occuperai dans le paragraphe suivant, sera d'examiner jusqu'à quel point on pourrait conserver la distinction des métaux et des corps non métalliques, en subordonnant le caractère qu'on choisirait pour la définir d'une manière précise, aux modifications qu'exigerait la nécessité de la rendre conforme à l'ordre naturel des corps simples. Je me bornerai quant à présent à remarquer que, de la manière dont elle avait été admise, elle a retardé les progrès de la vraie théorie de la chimie, en faisant négliger l'observation des propriétés par lesquelles certains métaux se lient aux autres corps simples, et auxquelles on ne saurait faire trop d'attention lorsqu'il s'agit de reconnaître l'ordre vraiment naturel qui

existe entre les uns et les autres. Le caractère tiré des divers degrés d'affinité pour l'oxigène a plus contribué encore à faire établir entre les corps, et surtout entre les métaux, des rapprochemens désavoués par la nature. Je me bornerai à citer à cet égard un exemple qui me paraît très-frappant : l'argent et l'or forment également avec l'oxigène des combinaisons qu'une température élevée décompose facilement ; dès-lors ces deux métaux ont été regardés comme devant être placés très-près l'un de l'autre dans tout arrangement méthodique des corps simples. Cependant le degré d'affinité pour le chlore ne doit pas, aux yeux du chimiste qui a des idées précises sur l'action aussi énergique au moins que celle de l'oxigène, qu'il exerce sur les métaux, être regardé comme un caractère moins important que le degré d'affinité pour l'oxigène ; et le chlorure d'or est décomposable par la chaleur, tandis que celui d'argent, à l'abri du contact de l'eau et de l'hydrogène, est absolument inaltérable à la plus haute température.

Voilà donc deux motifs à peu près égaux, l'un de réunir, l'autre de séparer ces corps. Pour résoudre cette difficulté, il est indispensable d'avoir recours à d'autres propriétés : celles de leurs oxides et des sels qu'ils forment avec les acides se présentent alors naturellement, et décident la question en nous montrant que l'analogie supposée entre ces métaux n'est point confirmée par la ressemblance de leurs principaux caractères. En effet, l'oxide d'argent est très-alcalin, un peu soluble dans l'eau, et sature complètement les acides ; l'oxide d'or n'offre rien de semblable, et cette différence jointe à quelques autres propriétés, à la vérité moins importantes, que présente l'argent à l'état métallique, place ce corps

avec le plomb près du potassium et du sodium, et par conséquent très-loin de l'or.

Depuis qu'on a acquis des notions exactes sur la nature du chlore, plusieurs chimistes ont cessé de donner aux propriétés qui dépendent de l'affinité des corps simples pour l'oxigène une prépondérance exclusive; mais alors on en a donné une beaucoup trop grande à l'assimilation que l'on a faite de l'oxigène et du chlore : on a voulu ranger tous les corps simples en deux classes indépendantes l'une de l'autre ; sous les noms de *combustibles* et de *soutiens de la combustion*. Cette division a eu le même inconvénient que celle des métaux et des corps non métalliques, en faisant méconnaître les analogies des corps qu'elle place dans des classes différentes. Cet inconvénient a été même plus nuisible à la théorie de la chimie, en ce qu'il a porté à méconnaître des analogies bien plus complètes et plus frappantes que celles que la séparation des métaux et des autres corps simples avait fait négliger. Telles sont les analogies des acides chlorique et iodique avec les acides sulfurique et nitrique, des chlorates et des iodates avec les nitrates, et surtout celle du chlore et de l'iode avec le soufre, plus grande encore que l'analogie des mêmes corps avec l'oxigène. La combinaison de ces quatre substances avec les métaux auxquels ils adhèrent fortement, s'opère également en donnant lieu à un plus ou moins grand dégagement de chaleur, et souvent de lumière; les composés qui en résultent offrent une foule de propriétés communes; jusque-là, il n'y a pas de raison pour rapprocher plus particulièrement le chlore et l'iode de l'oxigène que du soufre; mais ce dernier forme, comme

l'iode et le chlore, un gaz permanent acide avec l'hydrogène ; les hydrosulfates présentent la plus grande analogie avec les hydriodates et les hydrochlorates ; ils se réduisent en sulfures comme ceux-ci en iodures et en chlorures, lorsqu'ils sont insolubles ou qu'après en avoir évaporé les dissolutions on en dessèche les résidus à une température convenable ; propriétés qui rapprochent encore plus l'iode et le chlore du soufre que de l'oxigène. Il est impossible de séparer l'iode du chlore, dont il ne diffère que parce que les mêmes caractères s'y manifestent à un moindre degré d'énergie ; et cependant, pourquoi l'iode serait-il un soutien de la combustion plutôt que le soufre, qui s'unit à la plupart des métaux avec un plus grand dégagement de chaleur et de lumière ? Dira-t-on que le soufre se combine avec l'oxigène de l'air atmosphérique lorsqu'on l'y expose à une température suffisante, et qu'il n'en est pas de même de l'iode ? Mais celui-ci ne se combine-t-il pas aussi avec l'oxigène quand on le met en contact avec l'oxide gazeux de chlore, découvert par le célèbre chimiste qui a le premier décomposé les alcalis, et démontré que le chlore est un corps simple, conformément à l'opinion déjà émise par les chimistes français comme une hypothèse admissible ? Il est inutile d'insister plus long-temps sur des considérations de ce genre ; ce qui précède suffit pour montrer combien il est aisé d'être induit en erreur et de donner trop d'importance à certaines analogies, lorsqu'on commence par établir entre les corps qu'on se propose de classer des divisions générales fondées sur un seul caractère. On se tromperait plus encore si l'on croyait pouvoir ranger les corps simples dans un ordre conforme à

leurs analogies naturelles, en en formant une série dépendante de leurs divers degrés d'affinité pour l'une d'elles, pour l'oxigène, par exemple. En comparant toutes les propriétés que présentent ces substances, on trouve qu'elles forment un système dans lequel chaque corps tient de part et d'autre à des corps voisins par des analogies telles qu'on ne saurait établir nulle part la séparation complète qu'exigerait la réduction du système en une seule série, en sorte qu'il faut se le représenter comme une sorte de cercle dans lequel deux corps placés aux deux extrémités de la chaîne formée par tous les autres, se rapprochent et s'unissent mutuellement par des caractères communs. J'ai cherché long-temps à établir un ordre naturel entre les corps simples, en les disposant en une seule série qui commençât par ceux dont les propriétés présentaient l'opposition la plus complète avec celles des corps que j'essayais de placer à la fin de la série : ces tentatives n'ont été suivies d'aucun succès, et c'est par elles que j'ai été conduit à adopter un ordre tout différent, dont je vais d'abord essayer de donner une idée générale qui sera développée et précisée dans les deux paragraphes suivans. Les corps qu'on a considérés jusqu'à présent comme non métalliques jouissent tous de la propriété de former des acides avec quelques-uns d'entre eux, dont le caractère distinctif est de rendre acides les combinaisons où ils entrent en quantité suffisante. Plusieurs métaux, et même quelques-uns de ceux à qui ce nom convient le mieux, offrent aussi cette propriété et produisent également des acides en se combinant avec les mêmes substances acidifiantes. Ces métaux forment deux groupes, distingués d'ailleurs entre eux par de

nombreuses différences. Les uns sont éminemment fixes et infusibles, et il paraît qu'il en est de même de leurs combinaisons avec le chlore, du moins à en juger par le chlorure de chrome, qui a offert cette propriété à M. Dulong. C'est avec l'oxigène qu'ils produisent les acides dont les chimistes ont tiré le caractère qui les distingue. Les autres sont très-fusibles; les combinaisons qu'ils forment avec l'oxigène ne présentent que des caractères acides peu prononcés; car on ne doit pas compter parmi eux l'arsenic, qui, comme je l'ai déjà dit, doit être réuni aux corps que l'on considère comme non métalliques, et, sans les travaux de MM. Chevreul et Berzelius, l'acidité des peroxides d'étain et d'antimoine serait encore ignorée; mais ces métaux produisent avec le chlore des composés liquides ou d'une consistance butyreuse, volatils, et qui jouissent des propriétés les plus essentielles des acides. Il est aisé de voir que les corps simples non métalliques se joignent d'une part aux métaux infusibles acidifiables par le carbone et le bore, et de l'autre à l'étain et à l'antimoine par le phosphore et l'arsenic, dont les combinaisons avec le chlore ont la plus grande analogie avec l'acide chloro-stannique (*spiritus Libavii*). Tous les autres métaux doivent donc être placés entre l'étain et l'antimoine d'une part, et les métaux infusibles acidifiables de l'autre. Ceux qui joignent à la plus grande affinité pour l'oxigène la propriété de former avec lui des combinaisons alcalines, occupent en quelque sorte le milieu de cet intervalle, et se lient d'un côté à l'étain et à l'antimoine, de l'autre au tungstène, au colombium, au chrome et au molybdène par deux séries de métaux qui présentent dans l'une et l'autre

séries tous les degrés d'affinité pour l'oxigène, et dont les oxides passent aussi graduellement par les divers degrés d'alcalinité et d'acidité qui caractérisent cette sorte de composés ; mais les corps dont se composent les deux séries offrent d'ailleurs assez de différences pour qu'il soit toujours aisé de déterminer celle à laquelle ils appartiennent.

Tel est l'ordre où j'ai été conduit, non par quelques vues systématiques dont je devrais me méfier, mais après avoir fait un grand nombre de tentatives, pour voir si l'on n'en pourrait point adopter un autre sans s'écarter des analogies naturelles, et après avoir comparé les corps simples sous tous les points de vue que peuvent présenter les propriétés dont ils sont doués.

(*La suite à un des Numéros prochains.*)

Extrait des Séances de l'Institut.

Séance du lundi 4 *mars* 1816.

M. Thénard présente le quatrième et dernier volume de sa *Chimie*.

M. Arago fait un rapport verbal sur le voyage aux Terres australes, rédigé par M. Louis Freycinet.

L'ouvrage est partagé en quatre livres : le premier porte le titre d'*Itinéraire*, et fait connaître l'ordre successif des opérations ; le deuxième comprend les descriptions nautiques et géographiques ; le troisième est destiné à l'analyse des cartes ; le quatrième enfin renferme les résultats généraux des observations, les mesures d'inclinaison et de déclinaison de l'aiguille aimantée, les remarques de différens genres qu'on a eu l'occasion de faire pendant le

voyage, et les observations météorologiques journalières. L'ensemble de toutes les opérations est représenté dans *trente-deux* cartes très-belles. M. Freycinet les a dessinées directement sur le cuivre et par des procédés qui lui sont propres. Le chapitre dans lequel il décrit sa méthode, aussi-bien que celui qui est relatif à la division des échelles, méritent de fixer l'attention des ingénieurs qui ont beaucoup de travaux de ce genre à exécuter (1).

---

(1) La nature de ce Journal ne nous permet pas de nous occuper des nombreuses découvertes géographiques qui ont été faites pendant le long et pénible voyage dont M. Louis Freycinet vient de publier l'histoire; nous pensons néanmoins que nos lecteurs ne seront pas fâchés de trouver ici quelques détails que nous allons extraire du rapport, et qui sont relatifs à la colonie anglaise du port Jackson, le seul établissement que les Européens aient formé jusqu'à présent sur le vaste continent de la Nouvelle-Hollande.

« Les navigateurs recueilleront avec soin les détails nautiques que M. Freycinet a rassemblés sur Brocken-Bay, qui borne la colonie au nord, et dans laquelle se jette la rivière d'Hawkesburry; sur Botany-Bay, au sud, bassin trop vaste pour offrir en tout temps un refuge assuré aux bâtimens qui voudraient y séjourner, et sur le port Jackson, qui, par son étendue, la disposition de ses parties et sa commodité, forme peut-être le plus beau port de l'univers. La ville de Sydney, capitale des colonies anglaises aux terres Australes, est bâtie sur les rèvers de deux coteaux voisins, à l'une des extrémités du port Jackson. Une planche détaillée, la trentième de l'Atlas, offre le plan détaillé de cette ville. M. Freycinet nous a conservé, dans des extraits de son journal et de ceux de ses compagnons de voyage, des renseignemens curieux sur les

M. Biot lit un Mémoire qui lui est commun avec M. Pouillet, sur la détermination expérimentale de la diffraction qu'éprouve la lumière simple ou composée lorsqu'elle passe entre deux biseaux parallèles. Les au-

---

productions du comté de Cumberland, qui sans contredit forme la partie la plus fertile des côtes de la Nouvelle-Hollande. L'auteur rapporte que dans le voisinage de la ville de Parramatta, sur les bords de l'Hawkesburry, le froment, par exemple, fournit, année commune, cinquante pour un. Le pays renferme d'immenses couches de charbon de terre, placées à la surface du sol, et par conséquent d'une exploitation très-facile. Aussi ce combustible était-il déjà en 1802 l'objet d'une exportation considérable pour le Bengale et le cap de Bonne-Espérance. Les minéralogistes de l'expédition trouvèrent une assez grande abondance de fer oxidé et de sel gemme : mais, en 1802, la colonie, dans toute son étendue, n'avait pas encore offert le moindre vestige de pierre calcaire, et les colons étaient réduits à se servir, dans leurs constructions, de la chaux qu'ils obtenaient par la calcination des coquillages. La majeure partie des végétaux utiles de l'Europe et de l'Asie, et nos arbres fruitiers, prospèrent au port Jackson; la culture des cafiers et des cotonniers promettait d'heureux succès. En 1802, les cultivateurs du comté de Cumberland étaient persuadés que dans peu d'années l'Angleterre pourrait tirer de la Nouvelle-Hollande toute la laine nécessaire à ses fabriques : ajoutons que le pays fournit plusieurs espèces de bois propres aux constructions navales, et parmi lesquels le casuarina paraît avoir une dureté égale à celle des chênes du Nord.

« La colonie du port Jackson renfermait, en 1802, plus de 12,000 individus, parmi lesquels 370 seulement n'avaient pas

teurs rapportent des mesures de franges prises à diverses distances des biseaux sur un verre dépoli ; et, en les construisant, ils en déduisent le mode de séparation des rayons et la division définitive que la diffraction leur imprime. D'après ces mesures, les bandes les moins déviées ont leur origine dans les points de l'intervalle les plus voisins de chaque biseau, et les plus déviées ont leur origine le plus près de l'axe central, les unes et les autres étant déviées vers le biseau dont elles sont originairement le plus distantes. Pour chaque écartement donné des biseaux, l'incidence restant toujours perpendiculaire à leur intervalle, les déviations des particules lumineuses de nature diverse sont proportionnelles aux longueurs de leurs accès dans le milieu où se meut la lumière ; et lorsque le milieu change, toutes les autres circonstances restant les mêmes, la grandeur absolue des déviations, et par conséquent les intervalles des franges, varient aussi proportionnellement aux accès. La nature des corps qui limitent le milieu ne change rien à cette loi, quelle que

---

été *convicts* (condamnés), et 3170 avaient déjà recouvré leur liberté. Le reste de la population se composait d'enfans nés dans la colonie, et d'hommes et de femmes encore *convicts*. Les Anglais n'ont tiré jusqu'à présent aucun parti des naturels, et ceux-ci ne paraissent guère disposés à abandonner leurs anciennes habitudes, quoiqu'ils n'aient qu'une existence extrêmement misérable. L'usage veut, parmi ces sauvages, que les femmes se coupent les deux dernières phalanges du petit doigt de la main gauche, et que les hommes se fassent arracher une des dents de devant sur la mâchoire supérieure, etc. »

soit la différence de leurs forces réfringentes. Des biseaux de crown-glass opposés l'un à l'autre forment des franges dans de l'huile de térébenthine, comme les formeraient des biseaux de métal mis à leur place. L'eau à 37° centigrades forme des franges dans de l'eau à 11° (1).

Séance du lundi 11 *mars* 1816.

On lit une lettre de M. Magendie, sur l'action des nerfs de la huitième paire dans la digestion. (*Voyez* Cahier de février, page 208.)

M. Biot lit une note dans laquelle il annonce que de l'eau à 37° centigrades produit des franges dans de l'eau à 11°. (*Voyez* ci-dessus l'extrait du Mémoire de M. Biot, dans lequel on a déjà parlé, par anticipation, de cette expérience.)

Au nom d'une commission, M. Arago fait un rapport sur des miroirs parallèles qui avaient été présentés par MM. Richer fils.

Ces verres, d'un travail très-difficile, sont employés, comme on sait, dans la construction des instrumens à

---

(1) MM. Biot et Pouillet avaient entrepris ce travail vers la fin de l'été de 1815 : le 9 octobre de cette même année, ils annoncèrent à l'Institut qu'ils étaient parvenus à des lois d'après lesquelles le phénomène de la diffraction se trouvait avoir la liaison la plus intime avec celui des anneaux colorés, et pouvait s'en déduire numériquement. Ils avaient ajouté que ces lois indiquaient également l'espèce de modification extrêmement singulière, suivant laquelle la lumière était diffractée. Ces indications se rapportaient uniquement à la diffraction entre deux biseaux, la seule que les auteurs aient considérée dans leurs expériences.

réflexion; dans celle des horizons artificiels étamés, qui remplacent avec avantage l'horizon de la mer dans les observations qu'on fait à terre, et dans la formation des abris qui servent à garantir les couches liquides à l'aide desquelles on se procure aussi quelquefois les images réfléchies des astres, des agitations que le moindre filet de vent leur fait éprouver. Pendant long-temps les artistes anglais ont été seuls en possession de fournir de miroirs parallèles les constructeurs de sextans. MM. Richer ont cherché à s'affranchir de ce tribut, et leurs efforts n'ont pas été infructueux. Les verres soumis à l'examen de la Classe n'avaient pas moins de 11 centimètres (4 pouces) de diamètre; rarement ils ont paru occasioner des déviations angulaires de trois secondes : un verre semblable, dont un artiste connu avait fait récemment l'acquisition à Londres, placé dans les mêmes circonstances, donnait des écarts sensiblement plus grands. Les miroirs plans de MM. Richer, comme ceux qui sortent des ateliers de l'habile opticien Le Rebours, peuvent donc soutenir la concurrence avec tout ce qui a été exécuté de plus parfait dans ce genre à l'étranger.

M. Ivart rend un compte verbal de plusieurs ouvrages d'agriculture offerts à la Classe par sir John Sinclair.

Au nom d'une commission, M. Girard lit un rapport sur le Mémoire de M. Dupin, relatif au tracé des routes.

Ce Mémoire est une application de la géométrie descriptive à des questions très-importantes. On conçoit qu'on peut arriver d'un point à un autre sur une surface quelconque, par une infinité de routes différentes; mais ces routes ne sont pas toutes également favorables : l'inclinaison, par exemple, ne doit dépasser dans aucun

point la limite donnée par l'expérience, et après laquelle les moteurs employés n'agissent plus avec avantage; cette pente limite varie suivant la manière d'effectuer le transport soit à dos d'homme, soit par des voitures attelées de bœufs ou de chevaux, etc. La théorie mathématique de M. Dupin embrasse tous les élémens de cette question, envisagée de la manière la plus générale.

M. Brochant lit un Mémoire sur les gypses. MM. Ramond et Brongniart l'examineront.

Séance du lundi 18 *mars* 1816.

La Classe reçoit les ouvrages suivans :

Mémoire sur les animaux sans vertèbres, 1re partie, 1re fascic., par M. Savigny.

Description d'instrumens météorologiques, par le chanoine Augustin Sack. Augsbourg, 1815.

Annuaire météorologique de 1813, par le même. Augsbourg, 1814, in-4°, en allemand.

M. Delambre rend un compte verbal de ces deux ouvrages.

On lit une lettre de M. Blagden. Ce savant annonce qu'on construit dans ce moment, en Cornouailles, des machines à vapeur destinées à travailler sous une pression de *sept* atmosphères. Des essais déjà tentés semblent indiquer qu'elles offriront d'immenses avantages (1).

---

(1) Pour déterminer sous quelles circonstances les machines à vapeur doivent produire le maximum d'effet, eu égard à la quantité de charbon brûlé, il faudrait connaître le rapport qui peut exister, à différentes températures, entre la force

M. Biot communique une lettre de M. Brewster, en date du 7 mars, relative à quelques expériences que ce savant a faites sur la polarisation de la lumière.

Le verre, le muriate de soude, le spath fluor et les autres corps qui ne possèdent pas la double réfraction, ou qui la possèdent imparfaitement, peuvent recevoir la structure qui la donne au moyen d'une compression ou

---

élastique de la vapeur et la quantité de calorique nécessaire à sa production. Déjà quelques manufacturiers français avaient éprouvé que l'accroissement de la force élastique l'emporte sur celui du calorique employé; car ils trouvaient de l'avantage à faire travailler leurs machines sous des pressions supérieures à celles de l'atmosphère; mais la forme actuelle des chaudières ne permettait pas de dépasser beaucoup ce terme: on a été plus loin en Angleterre, au moyen d'une nouvelle construction imaginée par M. Woolf, et qui est combinée de manière à employer la vapeur à d'assez hautes pressions. Il paraît, en outre, que les machines de ce physicien renferment une autre modification utile, et qui consiste en ce que la vapeur chaude n'est jamais en contact immédiat avec le piston du grand cylindre, comme elle l'est dans les machines ordinaires: dans ce dernier cas, comme on sait, le piston perd bientôt de sa justesse, parce que la vapeur dissout les substances grasses qui le lubrifient. Dans l'appareil de M. Woolf, la vapeur entre dans un premier cylindre, et là elle presse sur la surface d'une colonne d'huile qu'elle force à entrer dans un cylindre intérieur où le piston se trouve; elle soulève ainsi le piston sans le toucher, et le laisse tomber dès qu'on la condense. Il est clair que ce mécanisme peut être également appliqué des deux côtés du piston, de manière à produire un *double effet*.

d'une dilatation mécanique (1). Si une plaque de verre est courbée par l'effort de la main, le côté concave acquiert la structure d'une des deux classes de cristaux doués de la double réfraction, et le côté convexe acquiert la structure de l'autre classe : ces deux structures sont séparées par une ligne noire (c'est-à-dire, où la double réfraction est nulle.)

---

(1) Je transcris ici fidèlement les expressions de la lettre de M. Brewster, quoique je ne devine pas ce qu'il entend par *double réfraction imparfaite*. C'est incontestablement une chose très-curieuse que la chaleur, une pression mécanique, etc., donnent au verre ce genre de structure qui le rend propre à dépolariser diversement les rayons de différentes couleurs, et qui appartient, comme on sait, aux cristaux doués de la double réfraction : mais, de ce que deux corps ont l'un et l'autre une même propriété particulière, est-on en droit d'en conclure qu'une seconde propriété, qui *pourrait* bien ne pas dépendre de la première, doit également leur être commune? Avant de dire que quelques diamans ont la double réfraction, ne faudrait-il pas avoir apercu une double image en regardant au travers de deux de leurs faces? Dans l'état actuel de nos connaissances, il est évident que tout cristal doué de la double réfraction doit dépolariser la lumière qui le traverse, du moins dans certaines circonstances; mais la proposition réciproque est loin d'être certaine. J'avais insisté sur cette distinction en 1811, dans le Mémoire où, pour la première fois, je décrivis le phénomène de la dépolarisation que présente le mica, le sulfate de chaux, le cristal de roche et même le verre. Les expériences que M. Biot a faites depuis à l'aide de couches épaisses de certains liquides me semblent en démontrer la

M. Brewster annonce qu'il a construit un dynamomètre chromatique qui mesure les forces par le développement des teintes ; comme aussi un nouveau thermomètre et un hygromètre. Il ajoue que son Mémoire sur ce sujet a été adressé à sir Joseph Bancks, vers le 20 janvier 1816.

Le muriate de soude, le spath-fluor, la gomme copal, le diamant, etc., peuvent recevoir la structure doublement réfringente par l'effet de la chaleur propagée. L'obsidienne possède naturellement les divers ordres de franges qui s'observent dans les verres échauffés ou rapidement refroidis.

Les cristallins des animaux ont la propriété de double réfraction ; ceux des poissons la possèdent d'une manière très-curieuse : les portions extérieure et intérieure ont la structure d'une classe de cristaux, et la portion centrale a la structure de l'autre classe. Les figures qu'on aperçoit, par les moyens connus, avec de la lumière polarisée, ne sont pas les mêmes dans les différens diamètres de la sphère cristalline ; d'où il résulte que sa construction générale n'est pas symétrique. Les yeux des quadru-

---

nécessité. M. Brewster avait anciennement *adopté* cette manière de voir : j'ignore si de nouvelles expériences l'ont fait changer d'avis ; mais, toujours est-il certain que, dans les ouvrages anglais les plus récens (voyez *a Journal of Science and the Arts*, edited at the Royal Institution of great Britain 1816, p. 118), on présente de simples observations de *dépolarisation de la lumière*, comme des preuves de l'existence de la double réfraction dans certains corps, tels que le muriate de soude, le fluate de chaux, l'alun et le diamant, à travers lesquels, du moins que je sache, on n'a jamais aperçu de double image.

pèdes donnent des figures différentes ; la cornée a une cristallisation dirigée vers le sommet (1).

En coagulant des gelées animales dans des caisses de bois ou de verre, l'auteur leur a donné, d'une manière permanente, la structure des cristaux doublement réfringens, et elles ont produit de très-belles couleurs.

L'aberration de sphéricité dans les lentilles peut être corrigée, du moins à très-peu près, à l'aide d'une différence de densité que M. Brewster *dit* être parvenu à leur donner.

M. Cordier lit des Considérations sur la structure mécanique de l'écorce de la terre.

M. Biot lit la suite du Mémoire sur la diffraction, qui lui est commun avec M. Pouillet. (*Voyez* plus haut l'analyse générale de ce travail.)

---

(1) M. Brewster avait déjà publié en 1815, dans les Transactions philosophiques, un Mémoire étendu *sur la dépolarisation que la lumière éprouve en traversant différens corps des règnes minéral, animal et végétal.* Des extraits de ce travail ont été insérés depuis dans presque tous les journaux scientifiques anglais. (*Voyez*, par exemple, les *Annales de Thomson.*) Peut-être ne sera-t-il pas hors de propos de remarquer, à cette occasion, que, du vivant de Malus, c'est-à-dire, en 1811, il a paru dans le *Moniteur* (*voyez* aussi : *Analyse des travaux de la* 1re *Classe de l'Institut pour l'année* 1811) un Mémoire de ce célèbre physicien, dont M. Brewster n'a pas eu connaissance, puisqu'il ne le cite nulle part, qui est aussi relatif à la dépolarisation de la lumière, et dans lequel se trouvent consignés la plupart des résultats que le savant Écossais donne comme nouveaux. Le peu d'attention que les physiciens accordent généralement à l'histoire de la science nous fournira maintes occasions de faire de semblables remarques.

Séance du lundi 25 mars 1816.

La Classe reçoit le Précis élémentaire de Physiologie, par M. Magendie, tome Ier; le Voyage de M. Krusenstern, trois volumes de texte avec un atlas en russe, et un Mémoire français du même auteur, sur une carte du détroit de la Sonde et la rade de Batavia, etc.

M. Brongniart, au nom de la commission que la Classe avait nommée, lit un rapport sur le Mémoire de M. Brochant Villiers, ingénieur en chef au corps royal des mines, et qui a pour titre : *Observations sur des terrains de gypse ancien qui se rencontrent dans les Alpes, et particulièrement sur ceux qui sont regardés comme primitifs.*

M. Brochant avait prouvé anciennement que les terrains dont se compose la plus grande partie de la Tarentaise, et qui, jusqu'à lui, avaient été regardés comme primitifs, n'appartiennent cependant pas à cette ancienne formation; que, malgré la nature cristalline des roches qu'on y rencontre en abondance; malgré leurs couches relevées et contournées; malgré la disposition singulière des gîtes de minerais qu'ils renferment, ils appartiennent à une formation contemporaine ou même postérieure à l'existence des corps organisés à la surface du globe.

La découverte récente d'une coquille dans un calcaire saccharoïde de ces terrains est venue confirmer la théorie que M. Brochant avait établie sur des faits nombreux, à la vérité, mais difficiles à observer.

Le second et même le principal objet que s'est proposé M. Brochant dans son Mémoire, est de faire con-

naître les gypses anciens des Alpes. C'est en décrivant avec une scrupuleuse exactitude toutes les circonstances des gisemens de ces gypses, par rapport aux roches sur lesquelles ils sont placés, ou à celles qui les recouvrent; c'est en contournant les montagnes sur les flancs desquelles ils se présentent, et en en faisant une investigation presque complète; c'est enfin en réunissant les caractères minéralogiques communs à ces gypses, que M. Brochant s'est cru en droit de conclure, 1° que, des sept gisemens de gypses qu'il a pu observer par lui-même dans les Alpes, aucun ne peut être rapporté à la formation primitive, du moins par les géologues qui ne regardent pas des faits négatifs ou des analogies éloignées comme des preuves satisfaisantes; 2° que de ces divers gisemens, les deux que l'on a voulu rapporter le plus formellement aux terrains primitifs, savoir, ceux de Cogne et du val Canaria, sont précisément ceux qui ont offert à l'auteur les preuves les plus positives de leur association avec les terrains de transition; car ils sont ou absolument indépendans des roches qui appartiennent aux terrains primitifs, ou associés avec celles qui font partie des terrains de transition.

A l'appui de la doctrine exposée dans le Mémoire de M. Brochant, M. Bosc rappelle des faits semblables qu'il a observés près d'Autun.

M. Arago lit un rapport sur un Mémoire de M. Fresnel, relatif à la diffraction de la lumière. (*Voyez* ce Mémoire, p. 289.)

M. Biot lit une Note sur des expériences nouvelles qu'il a faites avec M. Pouillet sur la diffraction.

Il résulte de cette Note que la réflexion sur les sur-

faces diaphanes ou opaques les mieux polies diffracte les faisceaux lumineux composés ou simples, comme l'aurait fait la transmission entre des biseaux espacés et écartés comme le sont les bords de la plaque réfléchissante.

Séance extraordinaire du 27 mars 1816.

On donne lecture de l'Ordonnance du Roi, en date du 21 mars 1816, qui réorganise l'Institut, et rend à la Classe son ancien titre d'Académie royale des Sciences.

EXTRAIT

du Journal de Pharmacie.

PAR M. DÉYEUX.

LE *Journal de Pharmacie*, vol. 1, 23, fait mention de quelques expériences et observations sur l'acide rosacique de l'urine de l'homme : aussi les avons-nous citées dans le dernier volume des *Annales de Chimie*. Mais nous devons ajouter qu'en admettant les propriétés attribuées à l'acide rosacique comme certaines, on serait disposé à croire que l'acide rosacique n'est qu'une modification de l'acide urique, ou que l'acide urique n'est lui-même qu'une modification de l'acide rosacique. Des recherches faites dans l'intention de reconnaître jusqu'à quel point cette opinion est fondée conduiraient sans doute à des résultats intéressans.

Il serait surtout bien essentiel qu'on cherchât à déterminer si toutes les urines de l'homme contiennent de l'acide rosacique, ou bien si plutôt c'est seulement dans des maladies particulières qu'il se forme. Déjà il paraît constant, d'après l'observation de plusieurs médecins, que l'acide dont il s'agit se manifeste toujours d'une manière sensible à la suite de grands accès de goutte, et qu'il est alors accompagné d'une certaine quantité d'acide urique.

De l'Action du Borax sur le Miel.

Malgré les progrès rapides de la chimie, il s'en faut de beaucoup qu'elle connaisse encore le mode d'action qu'exercent entre eux les corps qui se combinent. Peut-être, à cet égard, la science serait-elle plus avancée si on n'avait pas négligé de recueillir quantité de faits particuliers qui, quoique peu importans en apparence, auraient dû mériter de fixer l'attention.

Dans le nombre des faits de cette espèce, on peut citer celui qui a pour objet l'action du miel sur le borax. Les auteurs du *Journal de Pharmacie*, qui l'ont consigné vol. 1, 28, le présentent comme ayant été extrait de l'*Almanach pharmaceutique*, publié en allemand par M. Bucholz.

Tous les chimistes savent que le borax n'est pas un de ces sels qu'on place dans la liste de ceux qui sont très-solubles dans l'eau; d'après cela, on doit être surpris d'apprendre que le miel augmente sa solubilité d'une manière extrêmement sensible, et qu'il résulte de l'union de ces deux corps un composé qui jouit de quelques propriétés assez remarquables.

Parmi les expériences citées par M. Bucholz, pour faire connaître ces propriétés, il nous suffira d'insister sur la suivante.

Si on laisse exposé, pendant quelque temps, à une douce chaleur un mélange de parties égales de borax et de miel, on obtient un composé semblable, en apparence, à un mucilage de gomme arabique. Ce composé, évaporé jusqu'à siccité, donne une poudre qui attire promptement l'humidité de l'air, et qui bientôt devient très-liquide.

Trois parties d'eau froide le dissolvent en totalité. La dissolution verdit le sirop violat et brunit le papier de Curcuma. L'acide muriatique en sépare de l'acide boracique sous la forme de cristaux jaunâtres, sans faire reparaître le goût du miel; l'alcool bouillant a peu d'action sur ce composé; enfin il ne jouit pas de la propriété de cristalliser.

Que se passe-t-il lorsqu'on traite ensemble du miel et du borax, et de quelle nature est le nouveau composé qui se forme? Ce sont deux questions qui assurément mériteraient bien d'être traitées.

EXPÉRIENCES *sur la Gomme adraganthe, par M.* Bucholz, *consignées dans son* Journal pharmaceutique, *année* 1815, *et insérées dans le* Journal de Pharmacie, *vol.* II, 86.

M. Gehlen regardait la gomme adraganthe comme composée de deux matières différentes. Les expériences faites par M. Bucholz ont confirmé cette opinion.

Pour séparer ces deux substances, voici comment M. Bucholz a procédé.

On a mis dans un flacon 100 grains de gomme adraganthe en poudre et 64 onces d'eau distillée ; on a agité ce mélange jusqu'à ce que la gomme fût gonflée. Au bout de quatre jours, il s'était formé une gélatine translucide qu'on étendit dans douze livres d'eau. Le vase contenant le mélange fut ensuite déposé et abandonné dans un lieu dont la température n'excédait pas 12 degrés. Peu à peu la gélatine s'est déposée, et, après quatre jours, elle occupait un volume qui équivalait au cinquième de celui de la liqueur.

La liqueur surnageante ayant été séparée à l'aide d'un syphon, on mit sur un filtre de toile le dépôt gélatineux, afin qu'il pût s'égoutter.

L'examen de ces deux produits a donné les résultats suivans :

1°. La liqueur décantée avait une saveur fade, mais sans odeur sensible.

Évaporée jusqu'à siccité, elle a fourni un résidu cassant, facile à pulvériser, inaltérable à l'air, insoluble dans l'alcool, susceptible de se dissoudre dans sept parties d'eau, et de donner à ce fluide une consistance un peu épaisse.

L'acétate de plomb et le muriate d'étain ont troublé cette dissolution ; le nitrate de mercure au minimum d'oxidation a produit un précipité d'un gris noirâtre.

2°. La partie gélatineuse restée sur le filtre de toile, ayant été desséchée à une douce chaleur, a donné une masse écailleuse d'un blanc sale, facile à pulvériser, susceptible de se gonfler dans l'eau froide, de produire une espèce de gelée, de se dissoudre en totalité dans l'eau, et insoluble dans l'alcool.

Une dissolution de potasse caustique facilite tellement

sa solubilité dans l'eau, que la liqueur devient claire en peu de temps ; l'ammoniaque lui fait éprouver le même effet ; il faut en dire autant de l'acide muriatique.

Enfin la dissolution de cette matière dans l'eau bouillante, évaporée jusqu'à siccité, donne un résidu d'un blanc jaunâtre, qui n'a plus la propriété de se gonfler dans l'eau froide, mais qui s'y dissout parfaitement et entièrement, à peu près comme la gomme arabique.

Les deux matières dont on vient de parler ne sont pas sûrement les seules que contient la gomme adraganthe, puisque M. Vauquelin assure avoir trouvé dans ses cendres du fer, du phosphate de chaux et de la potasse. Peut-être même pourrait-on présumer que ces trois corps influent d'une manière marquée sur les propriétés de cette gomme, et qu'ils contribuent à former la différence qui existe entre elle et la gomme arabique.

Analyse du Suc et du Marc de la noix du cocotier.
(Journal de Pharmacie, *vol.* II, 97.)

On sait que les fruits du cocotier, lorsqu'ils sont frais, contiennent un liquide d'une saveur agréable, et qui sert de nourriture à la plupart des peuples qui habitent l'Amérique et l'Asie.

Il était intéressant de connaître la nature de ce liquide. M. Trommsdorff s'est chargé de ce soin. Il résulte de ses expériences que le liquide dont il s'agit contient beaucoup d'eau, du sucre, de la gomme, et un sel végétal dont il n'a pas déterminé la nature.

Il a trouvé que ce suc rougissait un peu la teinture de tournesol, et il attribue cet effet à de l'acide carbonique ; mais en même temps il pense que cet acide ne doit pas

exister dans le suc des fruits qui viennent d'être cueillis, et que sa production dans le suc qu'il a examiné est due à un commencement d'altération qu'il avait éprouvée.

Quant à la partie charnue des fruits, il paraît qu'elle est formée d'un parenchyme et d'une matière huileuse blanche, ayant une consistance butyreuse.

Cette huile a une saveur très-douce; elle se dissout à peu près comme celle du ricin, dans l'alcool très-rectifié.

L'éther la dissout aussi avec assez de promptitude.

Elle se combine avec la lessive alcaline caustique, mais on la convertit difficilement en savon parfait.

Enfin, au moyen d'une mèche, elle brûle facilement, donne une belle flamme et presque pas de fumée.

M. Trommsdorff annonce que, eu égard à la petite quantité du liquide dont il a pu disposer, il lui a été impossible de donner à son analyse toute l'étendue qu'il désirait; mais les auteurs du *Journal des Pharmaciens de Paris* nous apprennent que M. Planche se propose de publier incessamment des expériences sur le suc du cocotier, et principalement sur l'huile que fournit la partie charnue de ce fruit. Le soin et l'exactitude que met M. Planche dans l'exécution de tous les travaux qu'il entreprend sont des sûrs garans que son analyse offrira des résultats très-intéressans, et sur lesquels on pourra compter.

Sur l'Eau régale, ou Acide nitro-muriatique.

PAR SIR HUMPHRY DAVY.

Traduit du nouveau Journal de l'Institution royale, vol. I.

SI l'acide nitrique concentré, saturé de gaz nitreux, est mêlé avec une solution saturée de gaz acide muriatique, on remarque des effets qui auraient pu facilement se prévoir en considérant l'action d'un acide nitreux de même force sur une quantité d'eau égale à celle de la solution : le mélange acide, ainsi formé, n'exerce aucune action ni sur l'or ni sur le platine.

De plus, si des volumes égaux de gaz acide muriatique et de gaz nitreux sont mêlés sur le mercure, et si on y ajoute un demi-volume d'oxigène, on observera une condensation subite; mais elle ne sera pas plus considérable qu'on aurait dû l'attendre de la formation du gaz acide nitreux. Quand celui-ci est décomposé ou absorbé par le mercure, on trouve que l'acide muriatique n'a éprouvé aucune altération, et qu'il est seulement mélangé avec une certaine portion de gaz nitreux.

Il semble, d'après cela, que le gaz acide *nitreux* et le gaz acide muriatique n'exercent l'un sur l'autre aucune action chimique.

Si l'*acide nitrique incolore* et l'acide muriatique du commerce sont mêlés ensemble, on remarque que ce mélange devient jaune immédiatement, et qu'il acquiert la faculté de dissoudre l'or et le platine. Si le mélange est chauffé, le chlore pur se dégage et la couleur devient plus foncée. Une chaleur plus prolongée force de nou-

velles portions de chlore à se dégager, mais elles sont mêlées avec du gaz acide nitreux, qui, étant beaucoup plus absorbable par l'eau, peut en être séparé à l'aide d'une petite quantité de ce liquide : si l'opération a été continuée assez long-temps, la couleur du mélange devient très-foncée, et on ne peut pas en retirer de nouvelles quantités de chlore ; il perd la propriété d'agir sur l'or et le platine, et ce qui s'en dégage est un mélange d'acide nitreux et d'acide muriatique.

Il semble suivre de ces observations, qui ont été très-souvent répétées, que l'acide nitro-muriatique doit ses propriétés particulières à une décomposition mutuelle des acides nitrique et muriatique ; et que ce qui en provient est de l'eau, du chlore et du gaz acide nitreux. Les attractions qui amènent ces résultats paraissent être celle de l'oxigène pour l'hydrogène et celle du gaz acide nitreux pour l'eau.

L'exactitude de ces conclusions résulte de la circonstance que, quoique le gaz nitreux et le chlore n'exercent aucune action l'un sur l'autre quand ils sont parfaitement secs, il se produit, quand il y a de l'eau, une prompte décomposition qui donne naissance à de l'acide nitreux et à de l'acide muriatique. Il est aisé de calculer, d'après la doctrine des proportions définies, quelle quantité de chlore est produite dans l'acide nitro-muriatique ; car chaque 67,5 parties en poids d'acide nitrique réel, équivalant à 79 parties en poids d'acide hydro-nitrique décomposé, il doit se produire 44 parties de chlore.

La connaissance de la nature de l'eau régale servira à expliquer plusieurs particularités de son action sur les

métaux et les alcalis. Cet acide n'oxide pas l'or et le platine, mais détermine uniquement leur combinaison avec le chlore; les sels neutres qu'il produit ne sont que des mélanges et non des combinaisons chimiques de nitrates et de composés de chlore.

M. Berthollet, avec sa sagacité ordinaire, avait établi depuis long-temps que l'acide nitro-muriatique doit ses propriétés à la production du chlore. Ses conclusions, du reste, sont parfaitement conformes aux miennes, si, à l'hypothèse qui considère cet acide comme un corps composé, on substitue la théorie qui le regarde comme un être simple.

M. Berzelius, dans une lettre écrite d'un ton peu convenable à un chimiste d'une si grande réputation, a mis en avant que l'*azotane* ou le composé détonnant de chlore et d'azote est *de l'acide nitro-muriatique sec*. Il est difficile de découvrir quelle signification il attache à ce terme, et il est entièrement inutile de réfuter une assertion aussi vague et aussi mal fondée.

Sur les Lampes de sûreté de sir HUMPHRY DAVY.

Nous avons publié dans le précédent cahier des *Annales* la traduction du Mémoire dans lequel sir Humphry Davy a donné l'histoire de ses recherches sur les lampes de sûreté; nous allons extraire d'un nouvel écrit que ce savant a inséré dans le *Journal de l'Institution royale*, les indications pratiques qu'il recommande aux propriétaires et inspecteurs des mines, aussi-bien qu'aux simples mineurs qui auront l'occasion d'employer son appareil.

Les ouvertures de la toile métallique ne doivent pas avoir plus de $\frac{1}{20}$ de pouce carré. La grosseur du fil peut être quelconque ; ceux qui ont de $\frac{1}{40}$ à $\frac{1}{60}$ de pouce anglais de diamètre semblent les plus convenables. Des toiles de la finesse requise se trouvent chez tous les fabricans de cribles. Les modèles que l'auteur a envoyés dans les mines renfermaient 748 ouvertures dans un pouce carré. Les toiles en fer doivent être préférées : quand on leur donne une épaisseur suffisante, elles ne peuvent ni se fondre ni brûler ; la couche de rouille dont leur surface se couvre bientôt défend leur intérieur de l'action de l'air.

Lorsque la cage de la lampe est cylindrique, son diamètre ne doit pas surpasser *deux* pouces ; dans des cylindres plus larges, la combustion de l'air inflammable échauffe trop le sommet : aussi sera-t-il convenable de placer toujours au-delà de cette partie du cylindre métallique une seconde enveloppe de même espèce, et séparée de la première de $\frac{1}{2}$ ou de $\frac{3}{4}$ de pouce. En ployant la toile pour la façonner en cylindre, l'ouvrier doit avoir l'attention de ne laisser aucune ouverture dans les joints ; car l'instrument ne saurait réussir s'il présentait dans une seule de ses parties des ouvertures plus considérables que celles de la toile métallique. L'auteur recommande expressément de fixer l'enveloppe au corps de la lampe par plusieurs vis ; sa forme peut d'ailleurs être quelconque ; on peut aussi faire brûler la mèche de mille manières.

Si la lampe de sûreté est introduite dans une atmosphère mêlée d'air inflammable, le premier effet qu'on remarque est une augmentation dans le diamètre et la

longueur de la flamme. Lorsque ce gaz forme le $\frac{1}{12}$ du volume de l'air, le cylindre est rempli d'une flamme bleue et faible, dans l'intérieur de laquelle la mèche paraît brûler avec assez de vivacité; mais quand la proportion d'air inflammable s'élève jusqu'à $\frac{1}{6}$ ou $\frac{1}{5}$ du volume total, la vive lumière qu'il donne et qui remplit également toute la capacité du cylindre métallique empêche de distinguer la faible lueur de la mèche. Aussi long-temps qu'un mélange *détonnant* de gaz est en contact avec la lampe, elle donne de la lumière; quand elle s'éteint, et ceci arrive lorsque l'air méphitique (*foul*) compose le tiers du volume de l'atmosphère, l'air n'est plus propre à la respiration, ou occasione du moins quelque souffrance.

La lampe de sûreté consume rapidement les gaz inflammables que l'air peut renfermer, et abaisse bientôt leur proportion au-dessous du terme où l'explosion peut avoir lieu. Aussi à peine peut-il arriver, dans la pratique, que la lampe soit employée dans des mélanges fortement détonnans; mais, dans ce cas même, elle serait parfaitement sûre; car la toile ne transmet pas l'explosion lors même que les fils qui la composent ont été chauffés jusqu'au rouge.

La lampe de sûreté, plongée dans des atmosphères beaucoup plus inflammables que celles qu'on trouve dans les mines, n'a jamais produit d'explosion : il est vrai que, lorsque les mélanges étaient détonnans, l'auteur se servait d'une toile métallique qui renfermait 900 ouvertures dans un pouce carré.

Si, dans quelques circonstances, le mineur était forcé de travailler au milieu d'une atmosphère détonnante, il

serait convenable de refroidir la partie supérieure du cylindre métallique en y jetant un peu d'eau; car alors l'évaporation empêcherait que la chaleur ne devînt excessive. Nous terminerons enfin en remarquant que ces lanternes revêtues de toiles métalliques ont été déjà employées avec succès, et au grand étonnement des ouvriers, dans les mines de New-Castle et de Whitehaven, qui sont les plus dangereuses de l'Angleterre.

Remarques sur l'Influence mutuelle de deux Faisceaux lumineux qui se croisent sous un très-petit angle.

L'idée que deux faisceaux lumineux peuvent s'influencer en se pénétrant s'est présentée de bonne heure à l'esprit des physiciens; car on en trouve déjà des traces dans l'ouvrage de Grimaldi. La micrographie de Hooke, qui remonte à la même époque (1665), renferme une explication détaillée du phénomène des anneaux colorés, entièrement basée sur cette supposition; et ce qui semble digne de remarque, c'est qu'elle entraînait comme conséquence nécessaire que les épaisseurs diverses d'un certain corps doivent réfléchir une même teinte, lorsqu'elles se succèdent comme la série des nombres impairs 1, 3, 5, 7, etc.; vérité que Newton a démontrée par expérience long-temps après. Cette recherche a depuis excité peu d'intérêt, ce qui a tenu, d'une part, à ce que, dans le *système* généralement admis de l'émission, elle était pour ainsi dire sans objet; et de l'autre, à ce que les circonstances dans lesquelles l'influence réciproque de deux faisceaux qui se pénètrent produit des effets *sensibles*

et observables sont rares et difficiles à réunir. On doit au docteur Thomas Young d'avoir ramené l'attention des physiciens vers cette nouvelle branche de l'optique, comme aussi d'avoir démontré le premier, par l'expérience des bandes intérieures diffractées que j'ai rapportées dans le cahier précédent, que deux rayons homogènes de même origine et qui parviennent en un point par deux routes différentes et peu inégales, peuvent s'entre-détruire, ou du moins s'affaiblir beaucoup. Une autre expérience du même savant (*voyez* l'explication des planches de son Traité *of Natural Philosophy,* tome Ier, page 787) prouve d'autant plus clairement cette influence réciproque de deux rayons qui se croisent, que, pour produire des franges absolument semblables à celles qui se forment dans l'intérieur de l'ombre d'un corps opaque, il suffit d'introduire la lumière solaire dans une chambre obscure, par *deux* trous peu éloignés, et sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir les forces auxquelles les physiciens ont coutume d'attribuer les effets de la diffraction. M. Fresnel est aussi parvenu, de son côté, à produire des bandes du même genre par le croisement de deux faisceaux provenant d'un même point radieux et réfléchis par *deux* miroirs légèrement inclinés l'un à l'autre : ces bandes, comme il l'a remarqué, sont toujours *perpendiculaires* à la ligne qui joint les deux images du point, et n'ont aucune liaison avec la situation des bords des miroirs; leur largeur est, dans tous les cas, en raison inverse de l'intervalle qui sépare les foyers virtuels d'où les deux faisceaux paraissent diverger. J'ajouterai que j'ai reconnu ici, comme dans le phénomène ordinaire de la diffraction, qu'il suffit, pour anéantir

complètement la totalité des bandes, de faire passer *l'un seul* des deux faisceaux qui concourent à leur production, soit avant, soit après sa réflexion sur l'un des miroirs, au travers d'un verre d'une certaine épaisseur.

Les expériences que nous avons faites en commun, M. Fresnel et moi, sur le déplacement que les bandes diffractées intérieures éprouvent par l'interposition de lames plus ou moins épaisses de différentes natures, nous ont montré que ce déplacement peut servir à *mesurer* de très-petites différences de réfraction; la méthode a déjà été éprouvée pour l'eau et l'esprit-de-vin, l'eau et l'éther, etc.; un appareil très-simple servira à mesurer les différences de réfraction d'un même liquide à deux températures données; nous avons reconnu, par exemple, que la différence entre les réfractions de l'eau à 4° et de l'eau à zéro pourrait être déterminée, à moins d'un centième près, à l'aide de deux cases égales et longues de deux décimètres : mais c'est surtout pour la réfraction des gaz que ce nouveau moyen d'observation sera précieux; car, en donnant aux tuyaux qui les renfermeront une longueur suffisante, on poussera l'exactitude des mesures aussi loin qu'on voudra. Dans un des prochains cahiers, nous entrerons, à cet égard, dans de plus amples détails.

(Ar.)

Sur la Cristallisation de la Chaux.

En laissant évaporer spontanément à l'air une dissolution de chaux dans l'eau, on n'obtient jamais de cristaux, parce que la chaux absorbe promptement l'acide

carbonique. Pour remédier à cet inconvénient, j'enferme l'eau de chaux sous un récipient de verre, et je place à côté un vase contenant de l'acide sulfurique concentré. L'évaporation de l'eau se fait assez promptement, surtout en été, si l'on a soin de renouveler de temps en temps l'acide sulfurique, et on obtient de petits cristaux transparens, en hexaèdres réguliers, coupés perpendiculairement à leur axe. Ces cristaux se divisent avec la plus grande netteté, parallèlement à leurs bases, en lames hexaèdres, présentant quelquefois, lorsqu'on les brise, des fragmens rhomboïdaux. Ils conservent à l'air leur transparence pendant plusieurs jours, mais ils finissent par se changer en carbonate de chaux. En ayant chauffé 0g,459 jusqu'au rouge dans un tube de verre, ils ont abandonné 0g,109 d'eau : par conséquent ils renfermaient 0g,350 de chaux pure. En prenant 35,46 pour le nombre proportionnel de la chaux, on trouve 11,04 pour la quantité d'eau correspondante, c'est-à-dire que les cristaux sont composés d'une proportion de chaux et d'une proportion d'eau ; car celle-ci est représentée par 11,32. C'est dans des proportions semblables que la chaux absorbe l'eau quand elle s'éteint dans un air humide. La potasse, la soude, la baryte et la strontiane forment aussi des hydrates, ou mieux des *hydroxures*, dans lesquels il entre une proportion d'alcali et une proportion d'eau.

J'avais reconnu en 1807, avec MM. Chompré et Riffault, en opérant la décomposition du chlorure de calcium par la pile de Volta, que la chaux cristallisait en prismes hexaèdres réguliers. (*Système de Chimie* de Thompson, trad. franç., II, 382.)

G. L.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ETAT DU CIEL à midi.	VENTS.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	756,94	+ 1,7	73	757,01	+ 5,0	53	756,50	+ 4,6	54	756,38	— 1,2	86	+ 5,0	— 1,7	Très-nuageux.	O. S. O
2	751,65	+ 2,5	79	749,41	+ 6,9	81	746,51	+ 7,2	80	741,39	+ 6,2	91	+ 7,2	+ 0,5	Légèrement couvert.	S.
3	740,67	+ 6,7	92	743,40	+ 7,9	80	742,71	+ 8,5	74	742,00	+ 5,1	83	+ 8,5	+ 4,2	Couvert.	O.
4	745,83	+ 4,9	76	746,07	+ 8,7	66	744,68	+ 7,1	83	743,06	+ 6,5		+ 8,7	+ 2,4	Très-couvert.	S. O.
5	742,27	+ 4,1	90	743,07	+ 7,9	77	742,47	+ 8,1	80	738,02	+ 6,7	94	+ 8,1	+ 3,2	Couvert.	S. O.
6	739,90	+ 9,1	91	739,59	+11,0	80	737,70	+11,7	77	740,20	+ 5,5	88	+11,7	+ 5,4	Couvert.	S. O.
7	742,12	+ 6,3	84	742,63	+ 9,1	74	742,53	+ 9,7	70	743,94	+ 3,7	90	+ 9,7	+ 3,5	Couvert.	S. O.
8	738,75	+ 5,0	95	737,14	+ 7,0	94	735,96	+ 6,7	89	736,60	+ 5,4	91	+ 7,0	+ 1,5	Pluie continuelle.	S.
9	739,58	+ 5,0	94	741,39	+ 4,7	86	742,51	+ 4,6	86	746,57	+ 2,7	81	+ 5,2	+ 2,7	Pluie fine.	O. N. O.
10	750,15	+ 2,7	82	751,51	+ 3,6	85	752,74	+ 3,7	88	757,90	+ 1,1	90	+ 3,7	+ 0,2	Couvert.	N. O.
11	762,11	+ 4,2	79	761,93	+ 7,7	74	761,10	+ 8,5	78	759,88	+ 5,5	88	+ 8,5	— 0,7	Nuageux.	S.
12	756,86	+ 9,2	94	756,80	+11,9	92	756,16	+12,9	87	755,54	+10,7	89	+12,9	+ 7,5	Couvert.	S. O.
13	756,54	+12,2	89	757,81	+14,1	60	758,18	+14,0	59	760,00	+ 9,1	76	+14,1	+ 8,2	Nuageux.	O. S. O.
14	758,74	+10,2	95	757,84	+12,6	86	755,66	+15,1	77	752,82	+10,0	95	+12,6	+ 7,1	Couvert.	S.
15	753,17	+10,8	80	752,91	+12,9	78	752,83	+12,5	55	756,08	+ 6,3	80	+12,9	+ 6,0	Nuageux.	S. O.
16	757,12	+ 7,0	81	755,14	+11,5	60	752,25	+10,5	59	750,01	+ 4,7	96	+11,5	+ 3,0	Très-nuageux.	S. S. O.
17	752,63	+ 4,0	95	754,08	+ 7,2	67	753,88	+ 7,1	59	752,16	+ 4,0	88	+ 7,5	+ 3,2	Quelques éclaircis.	N. O.
18	752,27	+ 6,9	82	750,87	+ 7,9	70	748,46	+ 9,1	93	750,90	+ 5,8	83	+ 9,1	+ 4,2	Pluie légère.	O.
19	752,32	+ 6,4	79	751,88	+ 7,2	72	751,61	+ 6,5	70	752,35	+ 4,5	84	+ 7,2	+ 3,2	Très-nuageux.	O.
20	754,40	+ 5,6	81	754,82	+ 7,0	74	754,65	+ 6,2	68	755,42	+ 4,0	91	+ 7,0	+ 4,0	Quelques éclaircis.	N. O.
21	758,41	+ 6,2	81	789,09	+ 7,6	75	758,96	+ 8,5	65	759,82	+ 3,7	86	+ 8,4	+ 3,4	Très-nuageux.	N. E.
22	759,93	+ 5,7	80	759,38	+ 9,0	53	758,71	+10,0	51	759,85	+ 5,0	81	+10,0	+ 0,7	Beau.	N. E.
23	761,85	+ 3,6	90	761,90	+ 5,6	83	761,69	+ 6,9	85	762,72	+ 4,8	91	+ 6,1	+ 2,6	Très couvert.	N. E.
24	764,55	+ 3,7	90	763,00	+ 6,7	81	761,90	+ 7,7	73	760,96	+ 4,7	82	+ 7,7	+ 2,6	Couvert.	N. E.
25	757,32	+ 6,6	74	756,60	+ 9,7	68	755,58	+11,0	67	756,41	+ 7,5	79	+11,9	+ 4,0	Nuageux.	E. N. E.
26	758,55	+ 6,7	78	758,52	+ 9,7	61	757,55	+11,5	69	758,80	+ 6,0	72	+11,5	+ 2,2	Beau.	N. E.
27	760,24	+ 5,5	72	759,40	+ 9,0	51	758,42	+ 9,6	46	758,24	+ 1,7	91	+ 9,6	+ 1,0	Très-beau.	E. N. E.
28	758,74	+ 2,5	72	758,52	+ 4,4	59	758,15	+ 5,5	55	758,97	+ 1,7	68	+ 5,5	— 0,9	Légers nuages.	N. E.
29	760,49	+ 1,7	65	760,20	+ 3,4	60	759,72	+ 5,5	58	760,86	+ 0,4	64	+ 5,5	— 2,0	Nuageux.	E.
30	762,61	+ 3,0	67	762,40	+ 5,0	51	761,68	+ 6,2	51	761,90	+ 2,5	60	+ 6,2	— 1,7	Beau.	N. E.
31	763,52	+ 4,7	71	763,08	+ 7,2	52	762,14	+ 7,6	50	761,70	+ 3,5	65	+ 7,6	— 3,0	Beau.	N.
1	744,79	+ 4,8	86	745,12	+ 7,2	78	744,43	+ 7,2	78	744,61	+ 4,2	88	+ 7,5	+ 2,2	Moyennes du 1 au 10.	
2	755,62	+ 7,6	85	755,41	+10,0	73	754,48	+10,2	70	754,52	+ 6,5	87	+10,3	+ 4,6	Moyennes du 11 au 20.	
3	760,56	+ 4,5	77	760,19	+ 7,0	63	759,50	+ 8,0	61	760,02	+ 3,8	76	+ 7,9	+ 0,8	Moyennes du 21 au 31.	
	753,88	+ 5,6	82	753,79	+ 8,0	71	753,02	+ 8,4	69	753,27	+ 4,8	83	+ 8,6	+ 2,5	Moyennes du mois.	

Fig. 25.

D E G A H P B C G L F F

Fig. 2

C E A

K C L D B

q. 7

I D G B M L K F' F'

Girard del.

Adam sculp.

RECHERCHES

Sur la nature de la matière huileuse des chimistes hollandais.

Par MM. Robiquet et Colin.

Lu à l'Institut le 1er avril 1816.

On se rappelle qu'en 1796 les chimistes hollandais firent la découverte d'un hydrogène beaucoup plus carboné que celui qu'on obtient par la distillation des matières végétales; ils en étudièrent et en décrivirent les propriétés les plus marquées; ils observèrent que cet hydrogène surchargé de carbone donnait, lorsqu'on le mêlait avec volume égal de gaz muriatique oxigéné, un liquide huileux particulier. Cette propriété leur parut si singulière qu'ils s'en servirent pour caractériser leur corps nouveau, et ils lui donnèrent le nom de *gaz oléfiant*, nom que l'on a conservé pendant long-temps, et auquel on a substitué depuis peu seulement celui de *gaz hydrogène percarboné*, comme étant plus propre à en désigner la nature. Cette découverte produisit une grande sensation à cette époque, et tous les chimistes y prirent un vif intérêt, non pas précisément par la singularité du résultat qu'elle offrait, mais bien plutôt parce qu'elle confirmait parfaitement les idées que l'on avait

alors sur la nature des huiles et de l'acide muriatique. On la jugea donc très-propre à donner un nouveau degré de force aux idées déjà reçues depuis l'établissement de la doctrine pneumatique, et on trouva tout naturel que de l'hydrogène et du carbone formassent de l'huile par leur combinaison avec l'oxigène de l'acide muriatique oxigéné. Mais aujourd'hui que les chimistes considèrent l'acide muriatique oxigéné comme un corps simple, on ne peut plus donner une explication satisfaisante de ce phénomène, si on admet que le corps huileux qu'on obtient par la réaction du chlore et du gaz oléfiant puisse avoir quelque analogie de composition avec les huiles ordinaires. En effet, en adoptant l'hypothèse actuelle, on ne peut y supposer d'oxigène, à moins qu'on en admette dans la composition du gaz oléfiant, ce qui serait tout-à-fait contradictoire avec l'opinion des meilleurs chimistes et des plus célèbres physiciens.

Ces considérations nous ont engagés à faire un nouvel examen de ce liquide huileux, et à mieux étudier les différentes circonstances de sa formation. Nous espérions pouvoir donner une solution complète de tous les phénomènes qui y ont quelques rapports; mais de grandes difficultés se joignent à ce genre d'expériences. Quand on agit sur un produit qui admet un certain nombre d'élémens dans sa composition, et que ces élémens peuvent se réunir entre eux dans un autre ordre et dans d'autres proportions, il arrive souvent que les moyens d'analyse qu'on peut employer ne conduisent qu'à une plus grande complication. En général, l'analyse exacte de plusieurs gaz réunis ou combinés offre des difficultés; mais il en est certains d'entre eux qui, par leur analogie de compo-

sition ou par la similitude des produits qu'ils fournissent, présentent de plus grands obstacles, et ce n'est qu'en employant des considérations particulières et souvent détournées qu'on peut conclure leur existence. Le corps que nous avons eu à examiner nous a présenté tous ces inconvéniens, et nos résultats n'offrent pas tout le degré d'exactitude que nous eussions désiré leur donner. Cependant nous avons cru que notre travail offrait assez d'intérêt, dans l'état où il se trouve, pour être publié.

Le chlore étant supposé bien connu dans sa nature, et devant être regardé comme un corps simple, on peut faire deux hypothèses différentes relativement à sa manière d'agir sur le gaz hydrogène percarboné : ou le corps huileux qu'on obtient est tout formé, et seulement retenu en dissolution dans le gaz oléfiant, et le chlore ne fait que l'en précipiter en contractant avec ce gaz quelque combinaison particulière ; ou bien ce même corps résulterait de l'union intime du chlore avec le gaz oléfiant lui-même ou avec ses élémens.

La première supposition a quelque apparence de probabilité, parce que l'hydrogène percarboné ne s'obtient qu'avec un mélange d'alcool et d'acide sulfurique, ou, ce qui revient au même, en distillant les résidus d'éther sulfurique : or, on sait que, sur la fin de cette opération, c'est-à-dire, à l'époque où le gaz hydrogène percarboné se dégage, il se produit aussi ce que l'on nomme de l'huile douce du vin. En conséquence notre premier soin a dû être de prendre toutes les précautions convenables pour séparer complètement l'huile douce qui aurait pu être retenue par le gaz oléfiant. Nous allons décrire l'appareil qui nous a servi à préparer ce gaz, et

nous indiquerons en même temps de quelle manière nous avons produit la combinaison de nos deux fluides élastiques.

Nous avons établi un double appareil pour obtenir simultanément le gaz oléfiant et le chlore; le premier de ces deux appareils était composé d'abord d'une cornue contenant des résidus d'éther, d'une allonge et d'un matras tubulé: celui-ci plongeait dans un mélange de glace et de sel, afin de condenser l'eau et le peu d'éther qui accompagnent ce gaz; de la tubulure du matras partait un tube de Welter, dont l'autre extrémité plongeait dans un flacon rempli aux deux tiers par une dissolution de potasse caustique très-concentrée, et destinée à arrêter l'huile douce et le gaz sulfureux: ce n'était qu'après avoir dépouillé le gaz oléfiant de l'eau, de l'huile douce et du gaz sulfureux, qu'on le faisait arriver, au moyen d'un nouveau tube, dans un vaste ballon où se rendait en même temps le chlore qui se dégageait du second appareil; le chlore ne subissait d'autre purification que son lavage par l'eau. Enfin ce double appareil était terminé par un tube plongeant sous une cloche pleine d'eau. Les choses étant ainsi disposées, nous avons mis tous nos soins à diriger chacune des deux opérations de manière à obtenir un dégagement extrêmement lent, très-régulier et tout-à-fait proportionnel de part et d'autre. Lorsque ces deux conditions étaient bien remplies, la combinaison s'effectuait de telle façon que rien ne se dégageait à l'extrémité de l'appareil, tandis que, dans le cas contraire, on recueillait une certaine quantité du gaz surabondant, et plus ordinairement un mélange des deux. On est d'abord long-temps sans remarquer aucun phénomène par-

ticulier, parce que le ballon, où se réunissent les deux gaz, contient une très-grande quantité d'air atmosphérique qui fait obstacle à la combinaison qui s'effectue plus tard; mais, à mesure que la proportion de cet air devient moindre, on voit paraître une légère rosée qui se condense sur les parois internes du récipient, et dès-lors on ne tarde point à voir ruisseler de toutes parts et en stries fort déliées un liquide plus ou moins coloré qui va se réunir à la partie inférieure, et dont la quantité augmente tant que dure l'opération.

Comme nous avons répété cette expérience un grand nombre de fois, nous avons eu occasion d'observer que le produit qu'on obtient varie suivant que, dans le cours de l'opération, l'un ou l'autre des deux gaz se trouve en excès. Si c'est le chlore qui domine, aussitôt qu'on débouche le grand récipient, il se dégage des vapeurs abondantes et très-acides, d'une odeur mixte de gaz hydrochlorique et de chlore: on y distingue aussi, en dernier lieu, quelque chose d'aromatique et comme camphré. Le liquide contenu dans le vase est coloré en jaune verdâtre, répand aussi des fumées suffocantes et très-acides: sa saveur est caustique et acerbe; tandis qu'au contraire, si on a fait dégager proportionnellement plus d'hydrogène carboné que de chlore, on ne remarque aucune vapeur; le liquide est incolore, d'une odeur suave et n'a point d'acidité sensible: sa saveur est vive comme celle des huiles essentielles, mais elle n'a rien de désagréable.

Après nous être assurés d'un moyen de nous procurer de cette substance en aussi grande quantité que nous le voudrions, nous nous sommes occupés d'étudier les diverses circonstances qui peuvent influer sur sa produc-

tion. Ainsi nous nous sommes assurés que la présence d'une certaine quantité d'air ou d'une proportion plus ou moins grande d'humidité n'empêchait pas sa formation, et qu'elle n'en avait pas moins lieu lorsque les gaz étaient parfaitement purs et exempts d'eau. Nous avons vu aussi que les volumes respectifs des deux gaz pouvaient être variés sans qu'ils cessassent de produire cette matière huileuse; que cependant elle était plus abondante lorsqu'on employait un volume double de chlore, et que, dans tous les cas, on ne pouvait parvenir à absorber tout le chlore qu'après un temps très-long. Une autre observation que nous croyons à propos de consigner ici pour la constater, c'est l'odeur camphrée que prennent ces mélanges de gaz, surtout pour ceux qui ont été faits avec un excès de chlore; et ce qui nous a paru encore plus remarquable, c'est la propriété dont ils jouissent de donner des ramifications cristallines d'odeur et de saveur camphrée, principalement quand on les expose aux rayons solaires. Mais ne voulant point nous écarter de notre but principal, qui est de chercher à déterminer la nature de la substance des chimistes hollandais, nous ne ferons qu'indiquer ici ces divers phénomènes, nous proposant d'en traiter plus particulièrement dans un second travail.

Dans tous les cas, il faut, pour obtenir un résultat identique, laver cette huile avec une petite quantité d'eau distillée qui enlève tout à la fois et l'acide et la matière colorante, s'il en existe. Ce liquide, ainsi obtenu, ne doit plus rougir la teinture de tournesol; s'il en était autrement, un deuxième lavage dans pareille quantité d'eau suffirait pour enlever jusqu'aux dernières portions

d'acide ; c'est dans cet état que les chimistes hollandais l'ont obtenue, parce qu'ils combinaient leurs gaz au-dessus de l'eau : elle a alors une couleur gris de perle. Nous nous sommes assurés qu'elle ne devait son opacité qu'à une certaine quantité d'humidité dont nous sommes parvenus à la séparer complètement en la rectifiant au bain-marie sur du chlorure de calcium fondu et pulvérisé.

Ce n'est qu'après cette suite d'opérations que nous l'avons jugée dans son plus grand état de pureté, et qu'elle nous a offert les caractères dont nous allons faire mention. Ce liquide huileux est incolore, d'une odeur agréable et très-analogue à celle de l'éther hydro-chlorique, dont il a aussi la saveur sucrée particulière. Sa pesanteur spécifique, déterminée à 7° centigrades, est de 1,2201, celle de l'eau étant prise pour l'unité. Sa force élastique, mesurée à 9°,3 du même thermomètre, est de 62,65 centimètres ; et son point d'ébullition, calculé d'après la tension indiquée, a été fixé à 66°,74. Si on la soumet à l'ébullition à feu nu, on remarque qu'elle se volatilise avec la plus grande facilité, mais qu'elle subit une légère altération : elle ne tarde point à prendre une couleur ambrée, se colore de plus en plus, et laisse enfin, lorsqu'on pousse l'opération à bout, un léger résidu charbonneux.

On voit donc que cette substance est moins volatile et beaucoup plus pesante que l'éther hydro-chlorique, avec lequel elle a d'ailleurs plusieurs points d'analogie.

Si on verse une certaine quantité de cette huile éthérée dans une cuillère d'argent légèrement échauffée, et qu'on en approche un corps en ignition, aussitôt elle

prend feu et la flamme qu'elle répand est verte; cette flamme est accompagnée de fumées épaisses, suffocantes, qui projettent dans l'air une grande quantité de flocons semblables au noir de fumée. Si on opère cette combustion au-dessous d'une cloche légèrement humectée, on voit la matière charbonneuse se déposer sur les parois internes; et en examinant l'eau dont elle est imprégnée, on lui trouve une saveur acide très-prononcée. Le nitrate d'argent mis en contact avec cette humidité se décompose si complètement qu'il se prend en masse : ainsi l'on voit que pendant la combustion il s'est développé une quantité considérable d'acide hydro-chlorique, et on se rappelle sans doute que l'éther hydro-chlorique se comporte absolument de la même manière quand on le soumet à de semblables épreuves.

Ces premières données suffisaient pour éclairer sur la nature de notre combinaison, et faire voir que le chlore en était une des parties constituantes; mais nous désirions de plus connaître dans quel rapport il pouvait y exister. Nous avons tenté différens moyens d'en faire l'analyse, et, pour nous guider, nous l'avons mis en contact avec les corps que nous supposions capables d'en opérer la décomposition. Nous n'indiquerons point tous les essais qui n'ont donné aucun résultat satisfaisant, et nous ne citerons que ceux qui nous ont paru présenter quelque intérêt.

L'action des alcalis caustiques est trop lente, surtout à froid, pour qu'on puisse s'en servir comme d'un moyen analytique, parce qu'on n'est jamais certain d'une décomposition complète, les alcalis ayant la propriété de la dissoudre; et si on emploie la chaleur, une partie

passe sans altération. Il y a cependant une chose remarquable dans cette réaction des alcalis, c'est le développement d'acide hydro-chlorique qui se manifeste après quelques jours de contact, sans dégagement de gaz et sans précipitation de carbone. Nous avons observé, dans quelques-unes de ces expériences, qu'il se formait un peu d'acide carbonique; mais nous n'avons jamais observé aucun dégagement de fluide élastique.

L'ammoniaque liquide présente des phénomènes tout-à-fait analogues aux autres alcalis. Lorsqu'elle est gazeuse, elle n'a point d'action sensible à froid sur cette même substance; mais si on les fait rencontrer l'une et l'autre à l'état de fluide élastique et à une température élevée, il y a production d'hydro-chlorate d'ammoniaque et dégagement d'un gaz inflammable.

Le chlore a une action bien marquée : il est absorbé en assez grande proportion par cette liqueur oléagineuse; il lui donne une couleur citrine-verdâtre, lui communique une odeur désagréable, et alors elle acquiert la propriété de répandre des fumées suffocantes et très-acides; sa saveur devient caustique et comme métallique; le lavage à l'eau distillée enlève l'acide et le chlore en excès, et la portion d'huile non décomposée reparaît avec toutes ses propriétés : l'eau de lavage contient beaucoup d'acide hydro-chlorique. Cette expérience fait voir que cet acide qui accompagne quelquefois la matière huileuse pendant sa formation n'est point dû à une réaction du chlore sur l'hydrogène percarboné, mais bien à une décomposition de la matière huileuse une fois formée. Aussi avons-nous déjà fait remarquer qu'elle n'était ni acide ni colorée si on avait soin d'entretenir un excès

d'hydrogène percarboné pendant toute la durée de l'opération.

Lorsqu'on fait passer la vapeur de ce corps sur de l'oxide de cuivre chauffé au rouge-cerise, la décomposition s'en opère avec une grande facilité, et ce serait un bon moyen d'analyse, sans l'extrême difficulté qu'on éprouve à empêcher qu'il ne passe avec l'acide carbonique une certaine proportion de gaz inflammable, qui est lui-même très-chargé en carbone. On trouve d'ailleurs, dans le tube de verre où se fait l'expérience, du cuivre réduit et du chlorure de cuivre.

La chaleur seule déterminant la décomposition de notre substance, c'est le moyen auquel nous nous sommes plus particulièrement arrêtés comme étant celui qui mène aux résultats les plus simples. Voici de quelle manière nous avons procédé :

Un tube de porcelaine étant disposé sur un fourneau, nous avons adapté à l'une de ses extrémités un tube de verre communiquant sous des cloches pleines de mercure, et à l'autre, une très-petite cornue contenant deux à trois grammes de substance. Nous avions eu soin d'introduire des fragmens de porcelaine dans le tube pour faciliter la décomposition de la vapeur; tout l'appareil étant bien luté, nous avons chauffé graduellement le tube jusqu'à l'amener au rouge blanc; alors nous avons fait passer un peu de vapeur de l'huile éthérée, et nous en avons réglé l'expansion de telle manière que les bulles de gaz se succédaient dans un intervalle de temps parfaitement égal.

Nous faisons remarquer cette manière de procéder, parce qu'elle est essentielle au succès de l'opération : un

courant trop rapide entraîne une portion de la vapeur, sans qu'elle ait subi de décomposition, et occasione dans le tube de verre un dépôt de charbon assez considérable pour qu'il puisse s'obstruer si l'on continue; tandis que, si l'opération est bien conduite, tout le charbon se dépose dans le tube de porcelaine.

On n'a commencé à recueillir les gaz provenant de la décomposition par la chaleur que quand on a jugé que tout l'air de l'appareil avait disparu, et on a eu soin de plus de vider chaque cloche lorsqu'elle était au tiers pleine, afin d'être bien sûr qu'il n'y restât point d'air. Ce gaz répandait des vapeurs dans l'atmosphère comme le gaz hydro-chlorique; il rougissait le tournesol; il précipitait le nitrate d'argent et brûlait au contact des corps enflammés. Ayant jugé par là qu'il était composé d'un gaz inflammable et d'acide hydro-chlorique, nous avons cherché à en déterminer les proportions, et nous avons obtenu les résultats suivans, en absorbant le gaz hydro-chlorique par l'eau, et prenant la moyenne des expériences faites sur chaque cloche :

2me cloche 100; 3me cloche 100; 4me cloche 100;
Résidu—46,895. Résidu—43,225. Résidu—40,102.
5me cloche 100 ; 6me cloche 100;
Résidu—38,436. Résidu—38,785.

On observe que les résidus sont d'autant plus considérables qu'ils sont plus près du commencement de l'expérience, et qu'ils deviennent sensiblement égaux à partir de la 5me cloche, c'est-à-dire, lorsque les bouchons ont absorbé toute la quantité d'acide hydro-chlorique qu'ils peuvent prendre. Le résidu est un gaz qui brûle avec une flamme bleuâtre, et donne pour produit de sa

combustion de l'eau et de l'acide carbonique. Mis en contact avec le potassium, il n'éprouve aucune altération sensible dans son volume, lors-même qu'on fait volatiliser ce métal dans une atmosphère de ce gaz.

Si l'on prend la moyenne des analyses de la 5[me] et de la 6[me] cloche, qui se correspondent parfaitement, on voit que, sur 100 parties du mélange gazeux fourni par la décomposition de la substance des chimistes hollandais, il y a 61,39 de gaz hydro-chlorique et 38,61 du gaz inflammable dont nous avons parlé.

On a pu juger, par ce que nous venons de rapporter, combien il existe d'analogie entre cette huile du gaz oléfiant et l'éther hydro-chlorique : tant de points de similitude entre ces deux corps devaient nécessairement nous conduire à quelques expériences comparatives.

La décomposition de l'éther hydro-chlorique par la chaleur avait été indiquée comme impraticable, parce qu'il paraissait extrêmement difficile de se rendre maître de l'expansion d'un liquide aussi volatil, et que la grande quantité de charbon qui se dépose dans les tubes avait toujours déterminé l'explosion des appareils. Néanmoins nous l'avons tentée, et nous pouvons dire qu'en ce point elle a réussi au-delà de nos espérances. Voici quel genre de précautions nous y avons apporté : nous avons, comme dans le cas précédent, rempli notre tube de fragmens de porcelaine ; cette précaution est indispensable, parce qu'en multipliant les points de contact on propage la chaleur également dans toute la masse du fluide élastique, et qu'il en résulte nécessairement une décomposition plus complète.

Au lieu d'employer une cornue, nous nous sommes

servis d'un tube courbé à angle droit et terminé par une petite boule très-mince ; cette boule se trouvait distante du fourneau d'environ un pied. Comme nous avions plutôt besoin de modérer l'expansion de l'éther que de l'exciter, nous avons placé sous la boule de verre un vase contenant un peu d'eau et de glace. A l'autre extrémité de l'appareil, nous avons adapté un tube de verre portant une boule à quelque distance de l'issue du tube de porcelaine, et courbé de manière que cette boule pût plonger dans un mélange refroidissant. Lorsque le tube de porcelaine a été chauffé au rouge blanc, la chaleur extérieure du fourneau a suffi pour déterminer la vaporisation de l'éther ; et lorsque les bulles de gaz se succédaient trop rapidement, nous avions l'attention d'exhausser le vase disposé au-dessous de l'éther, de manière à faire plonger dans l'eau environ un tiers de la boule, ce qui suffisait pour régler la distillation : un plus grand refroidissement eût produit une prompte absorption.

L'opération étant achevée, nous n'avons pu voir aucune portion d'eau dans cette partie du tube qui plongeait dans le mélange refroidissant, et les gaz étant examinés, nous avons vu qu'une petite quantité d'eau y produisait une absorption d'un tiers environ, ou exactement de 36,79 pour 100, absorption due évidemment au gaz hydro-chlorique. Dans ce même gaz privé d'acide, nous avons introduit soit de la baryte, soit de la potasse en dissolution, sans que nous ayons pu y découvrir la moindre diminution de volume ; ainsi, puisque dans cette décomposition nous n'avions obtenu ni eau ni acide carbonique, nous ne pouvions rechercher l'oxigène que dans le gaz résidu.

Ce gaz brûle en bleu et donne, pour produit de sa combustion, de l'eau et de l'acide carbonique; ce ne peut donc être que de l'hydrogène carboné ou un mélange d'hydrogène carboné et de gaz oxide de carbone; et comme ce gaz contient tout l'oxigène qu'on obtient dans l'éther muriatique, nécessairement l'oxide de carbone doit y être en assez grande proportion. Cependant, lorsqu'on le soumet à l'action long-temps prolongée du potassium en vapeur, il ne se produit aucune variation appréciable dans le volume, et de plus il ne se forme aucun dépôt charbonneux.

Nous avons essayé, par le même moyen, des mélanges de gaz hydrogène carboné et de gaz oxide de carbone en diverses proportions, et nous avons obtenu constamment une absorption égale au volume de ce dernier : on ne saurait donc attribuer à la présence de l'hydrogène carboné, dans le gaz provenant de l'éther muriatique, la propriété dont il jouit de résister à l'action du potassium.

Pour acquérir quelque certitude relativement à la présence de l'oxide de carbone dans ce même gaz, nous avons construit un appareil disposé de telle façon, que les produits gazeux de l'éther muriatique décomposé par la chaleur traversaient, en sortant du tube de porcelaine, une petite quantité d'eau distillée, pour s'y dépouiller de leur acide hydro-chlorique. De là, ce gaz se desséchait en passant sur des fragmens de chlorure de calcium fondu, et venait ensuite traverser un deuxième tube de porcelaine contenant du proto-chlorure de mercure. On a d'abord fait chauffer le premier tube, et on a procédé, comme nous l'avons dit précédemment, pour déterminer la décomposition de l'éther; le gaz résultant de cette

décomposition se lavait dans l'eau et traversait toute l'étendue de l'appareil sans éprouver d'autre altération. Au bout d'une heure environ, on a élevé la température du deuxième tube, celui où se trouvait le chlorure de mercure. A peine a-t-il atteint le rouge-cerise, que le dégagement des gaz s'est arrêté, bien que l'éther continuât toujours de traverser le tube en même quantité, et nous avons même été obligés, pour empêcher l'absorption dans le deuxième tube, de faire vaporiser l'éther beaucoup plus rapidement qu'auparavant. L'opération a été menée de la même manière pendant plus de demi-heure sans obtenir une seule bulle de gaz, et le dégagement n'a recommencé qu'à l'époque où tout le chlorure de mercure a été chassé, par l'effet de la chaleur, de la portion du tube contenue dans le fourneau.

L'eau dans laquelle plongeait le dernier tube était devenue acide, et elle précipitait fortement par le nitrate d'argent : nous avons trouvé dans le deuxième tube de porcelaine du mercure métallique et un dépôt de charbon.

Si nous ne nous abusons pas sur cette expérience, le gaz résidu provenant de l'éther muriatique ne doit contenir que de l'hydrogène carboné, puisqu'il disparaît en entier en passant sur du chlorure de mercure, et qu'on obtient pour tout produit de l'acide hydro-chlorique et du charbon (1) : on ne devrait donc point, d'après cela, admettre l'oxigène comme partie constituante de l'éther muriatique, puisqu'on n'en retrouve dans aucun des produits de ces expériences analytiques.

---

(1) Nous nous sommes assurés qu'il ne se formait pas d'eau.

Ces considérations nous avaient fait penser que cet éther était une combinaison d'hydrogène percarboné et d'acide hydro-chlorique, et nous avons émis publiquement notre manière de voir à cet égard dans une des séances de la Société de Pharmacie. Nous nous croyons d'autant plus fondés à soutenir cette opinion que, suivant les observations de M. Thénard, le résidu de l'éther hydro-chlorique ne retient pas sensiblement de matière charbonneuse, mais contient une très-grande quantité d'eau; or, d'après ce que nous avons appris de M. Gay-Lussac, les élémens de l'alcool sont dans une telle proportion, qu'il peut être considéré comme de l'eau, plus du gaz oléfiant. Si donc ce gaz se combine avec l'acide hydro-chlorique, tout le charbon est enlevé, et il ne doit rester que de l'eau, ce qui est conforme à l'expérience. Néanmoins M. Boullay, qui s'est beaucoup occupé des éthers, n'admit point notre façon de penser, la combattit vivement, et lut, dans la séance suivante, une note tendant à la réfuter et à maintenir celle qu'il avait émise anciennement, et qui consistait à considérer l'éther hydro-chlorique comme une combinaison d'acide hydro-chlorique et d'alcool. Il publiera sans doute ses observations, et nous ne nous permettrons jusqu'alors aucune objection qui leur soit particulière. Seulement nous le prierons de faire attention à la remarque que nous a fait faire M. Ampère, et qui nous paraît d'un très-grand poids en faveur de notre hypothèse : c'est que la pesanteur du gaz hydro-chlorique ajoutée à celle du gaz oléfiant représente précisément celle du gaz éther hydro-chlorique, et que, de plus, la pesanteur du chlore, jointe à celle du gaz oléfiant, donne exactement la densité de la vapeur de

la substance huileuse. Ces deux combinaisons ne différeraient donc, d'après cela, que par la proportion d'hydrogène; ce qui est entièrement conforme à nos expériences, et ce qui rend compte de la différence de volatilité et de pesanteur qu'on remarque entre l'éther et cette huile.

De telles conclusions s'accordent bien peu avec les résultats qu'on obtient par l'analyse eudiométrique; et comme jusqu'à présent nous ne sommes point en mesure de donner une explication satisfaisante de ces différences, nous nous bornerons à une simple exposition des faits.

Analyse du Gaz hydrogène carboné de l'Éther.

155 parties de ce gaz donnent, par leur combustion, un volume d'acide carbonique de 61,21 parties. Or, on a employé, pour faire cette analyse eudiométrique, 183 parties de gaz oxigène pur, dont il n'est resté, après la combustion, que 33,33, etc.; il y en a donc eu 149,67 qui ont servi à brûler et le carbone et l'hydrogène du gaz soumis à l'analyse; sur ces 149,67 parties, il y en a eu 61,21 employées à la formation d'autant d'acide carbonique, et par conséquent 88,46 seulement ont transformé en eau le double d'hydrogène, c'est-à-dire, 176,92 parties de ce dernier.

Maintenant, si nous concluons le poids du carbone d'après la quantité d'acide carbonique observée, nous le trouverons égal à 22,2 : d'un autre côté, celui de l'hydrogène et celui du gaz soumis à l'expérience, conclus l'un et l'autre d'après leurs pesanteurs spécifiques respectives (1), sont pour les 176,92 parties du premier

(1) Celle du gaz inflammable dont il est ici question est de 0,34284.

12,95, et pour les 155 du second 53,14 : retranchant de ce dernier poids la somme de l'hydrogène et du carbone, on a un reste de 17,98, et par conséquent une perte égale. Or, cette perte est ordinairement attribuée à de l'eau qui a été formée aux dépens d'une portion d'hydrogène et d'oxigène appartenant au gaz analysé. Ainsi il y aurait dans ce gaz une quantité d'eau de constitution faisant à très-peu près le quart de son poids. Or, 17,98 d'eau contiennent 15,89 d'oxigène, et par conséquent 2,09 d'hydrogène ; mais 15,89 d'oxigène représentent un poids d'oxide de carbone égal à 27,87, ou, en volume, à 28,80; donc, si les 155 parties en volume du gaz analysé étaient un mélange d'oxide de carbone et d'hydrogène carboné, il y aurait en volume 28,80 d'oxide de carbone, et par conséquent 126,20 d'un hydrogène carboné, contenant un volume d'hydrogène égal à 205,47, et fournissant par sa combustion 61,21 d'acide carbonique représentant pareil volume de vapeur de carbone.

Analyse du Gaz de l'Huile des Chimistes hollandais.

Un volume de 157,5 du gaz inflammable obtenu en faisant passer l'huile du gaz oléfiant à travers un tube de porcelaine élevé à la température rouge, a fourni par sa combustion un volume d'acide carbonique de 48,83 parties. Or, sur les 173,76 parties d'oxigène qui ont été mêlées aux 157,5 de gaz pour en opérer l'analyse eudiométrique, il y en a eu 69,83 que la combustion n'a point employées; donc 103,93 parties seulement sont entrées en combinaison pour former de l'eau et de l'acide carbonique; mais ce dernier en a pris 48,83; donc il n'y

en a eu que 55,10 employées à former de l'eau aux dépens de l'hydrogène de ce gaz inflammable.

Il résulte de là que le poids du carbone, déduit comme dans la précédente analyse, est de 20,31 pour un volume de 157,5 de gaz inflammable, ou, ce qui revient au même, pour 71,15 en poids de ce même gaz; car sa pesanteur spécifique est de 0,45176. D'autre part, 55,10 d'oxigène ayant brûlé 110,20 d'hydrogène, il suit que le gaz soumis à l'analyse contient au moins 8,07 d'hydrogène en poids. Retranchant la somme des poids de l'hydrogène et du carbone de celui du gaz, il reste 42,77, représentant l'eau formée aux dépens de l'oxigène propre aux gaz et d'une quantité d'hydrogène qui lui appartient aussi.

Ainsi le gaz inflammable obtenu en décomposant par le feu l'huile des chimistes hollandais contiendrait, comme celui de l'éther hydro-chlorique, une quantité notable d'oxigène. Or, comment admettre qu'un produit résultant de la combinaison du chlore et de l'hydrogène percarboné, dont la nature a été parfaitement étudiée et dont les proportions se trouvent concorder avec les pesanteurs spécifiques; comment, disons-nous, peut-on admettre dans un tel produit une proportion d'oxigène aussi forte, surtout si on remarque que des corps qui en sont aussi avides que le potassium ne peuvent y démontrer la présence de la moindre portion de ce gaz; et d'ailleurs, s'il en était ainsi, il faudrait en conclure que cet oxigène est contenu ou dans le chlore ou dans le gaz oléfiant, puisque ce sont les seuls corps qui concourent à la formation de l'huile des chimistes hollandais. Nous craindrions de hasarder une opinion à cet égard, et nous

nous proposons de poursuivre nos expériences sur ce point intéressant.

Malgré tous les soins que nous avons apportés dans ces expériences eudiométriques, cependant nous n'osons y ajouter un grand degré de confiance, en raison de la difficulté qu'on éprouve à déterminer bien exactement la densité d'un petite quantité de gaz. Remarquons néanmoins que ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par M. Thénard, qui, en traitant directement l'éther hydro-chlorique dans l'eudiomètre, a été amené à conclure que cet éther contient un poids d'oxigène double de celui de l'hydrogène surabondant à l'acide hydro-chlorique.

Quoi qu'il en soit, il n'en est pas moins constant que l'huile du gaz oléfiant est un véritable éther hydro-chlorique, ne différant de celui que M. Thénard a fait connaître que par le rapport et non par la nature de ses élémens, par une pesanteur plus grande et par une moindre volatilité. Ainsi l'acide hydro-chlorique, ou ses élémens, est susceptible d'entrer comme principe constituant dans deux éthers différens, et par conséquent il est encore analogue en ce point à l'acide hydriodique.

Nous terminerons ce premier Mémoire par appeler l'attention des médecins sur ce nouvel éther : sa moindre volatilité en rend l'emploi beaucoup plus facile, et nous ne doutons point qu'il ne jouisse de propriétés qui lui soient particulières, et qui le feront peut-être ranger au nombre des médicamens utiles.

Justification de la Théorie de M. Dalton, *sur l'Absorption des Gaz par l'eau, contre les Conclusions de M.* de Saussure.

PAR M. JOHN DALTON (1).

(AU Dr. THOMSON.)

Manchester, 22 janvier 1816.

MON RESPECTABLE AMI,

Dans les *Annales* de novembre, je trouve un article de M. de Saussure sur l'absorption des gaz par les liquides (2). Je l'ai lu avec d'autant plus d'intérêt, que je m'étais occupé de cet objet avec beaucoup d'attention il y a quelques années, et que depuis je ne l'avais pas perdu de vue. J'ai été fort surpris de voir les conclusions déduites de mes expériences si mal comprises par un physicien aussi instruit et aussi pénétrant que Saussure; et je me suis flatté que les lecteurs ne manqueraient pas de s'apercevoir que ses objections sur ce qu'il appelle ma théorie de l'absorption des gaz sont en grande partie mal appliquées; à moins qu'on n'admette comme axiome que, *si de quantités égales on retranche des quantités iné-*

(1) Traduit dès *Ann. of philos. by* dr. Thomson. Mars 1816.

(2) Le Mémoire original est imprimé dans le tome 1er de la Bibliothèque britannique, p. 127.

gales; les quantités restantes seront encore égales. Mais, lorsque je vois que vous avez traduit son Mémoire sans découvrir la méprise, et que, deux mois après, vous l'avez analysé sans reconnaître l'erreur, je dois craindre que mes conclusions aient été présentées de manière à n'être pas saisies facilement, au moins par le plus grand nombre des lecteurs qui, comme on dit, lisent en courant.

Lorsque l'eau entièrement privée d'air est agitée pendant quelque temps avec un volume donné d'un gaz quelconque, ou d'un mélange de gaz différens, soumis à une pression déterminée, celle de l'atmosphère, par exemple, il s'établit, au bout de quelques minutes, une espèce d'équilibre; c'est-à-dire que l'eau, après avoir absorbé une certaine quantité de gaz, cesse d'en absorber davantage. Maintenant mon hypothèse est qu'il existe un rapport constant entre la densité des gaz simples ou mélangés, dans l'eau et hors de l'eau, *lorsque l'absorption a cessé*; mais elle ne dit rien du tout sur le rapport variable qui peut se trouver entre la densité des gaz absorbés et celle des mêmes gaz avant l'absorption. Dans quelques circonstances, les résultats sont les mêmes, et par conséquent la distinction inutile; comme, par exemple, lorsque l'eau imprégnée d'air atmosphérique est en communication avec un volume illimité d'air, ou lorsque les divers gaz soumis à l'expérience sont également absorbables; mais, dans les exemples tels que ceux présentés par Saussure, les gaz ayant un volume limité et étant inégalement absorbables, les deux cas peuvent présenter autant de différence qu'il convient à chacun d'en établir. Il n'est pas douteux qu'un analyste habile ne

puisse déduire de mes principes l'expression du volume des gaz restans, en prenant pour données le volume total de chacun des gaz dans le mélange, et les proportions différentes de leur absorption particulière par l'eau ; mais je puis vous assurer, aussi-bien qu'à M. de Saussure, que ce n'est point une tâche facile, au moins pour moi, et que je serai très-reconnaissant de recevoir ce travail de ses mains ou des vôtres. L'autre problème, qui consiste à trouver des formules pour les volumes entiers des gaz, connaissant leurs résidus et les proportions de leur absorption, est au contraire fort aisé. Ces formules sont celles qui suivent :

Soient a, b, c, etc. les volumes restans des différens gaz *A*, *B*, *C*, etc., après l'absorption ; v, le volume de l'eau ; $\frac{v}{m}$, $\frac{v}{n}$, $\frac{v}{p}$, etc., les proportions de ces gaz *A*, *B*, *C*, etc., respectivement absorbées par l'eau, et bien déterminées par des expériences préalables pour chacun des gaz pris isolément. Alors les formules représentant les quantités totales des gaz respectifs existant en même temps dans l'eau et hors de l'eau, seront, suivant les principes que je soutiens, ainsi qu'il suit :

Volume primitif de $A = a + \frac{v}{m} \cdot \frac{a}{a+b+c}$.

Id. de $B = b + \frac{v}{n} \cdot \frac{b}{a+b+c}$.

Id. de $C = c + \frac{v}{p} \cdot \frac{c}{a+b+c}$;

Et le volume total de tous les gaz absorbés et non absorbés sera

$$a + b + c \text{ etc.}, + \frac{v}{a+b+c, \text{etc.}} \left(\frac{a}{m} + \frac{b}{n} + \frac{c}{p} + \text{etc.} \right)$$

Ces formules comprennent l'essence de la théorie, telle qu'elle a primitivement été annoncée par le doct. Henry

(voyez *Journal de Nicholson*, v. 240, 1803) ; et j'entreprendrai bientôt de prouver que, dans toutes ses expériences, Saussure n'a présenté aucun résultat qui lui soit contraire. Il est vrai que j'ai soutenu de plus que les formules pouvaient être un peu restreintes ; c'est-à-dire, que les valeurs de m, n, p, etc., sont limitées aux cubes de la série naturelle 1, 2, 3, 4, etc. ; et, conformément à cette limitation, j'ai suggéré un principe d'équilibre qui semble en dériver assez naturellement. Mais si, dans certains cas, les valeurs de m, n, p ne sont pas celles que j'ai établies, il faut en conclure que dans ces circonstances l'équilibre peut être réglé sans que la distance des particules d'air dans le liquide soit multiple de celle des particules du même gaz hors du liquide.

Comparons maintenant les résultats des formules ci-dessus avec ceux que Saussure a obtenus par l'expérience, et dont il prétend qu'*aucun ne s'accorde avec la théorie de Dalton.*

1°. *Mélange d'acide carbonique et d'hydrogène.* — Suivant Saussure, l'eau absorbe 1,06 de son volume de gaz acide carbonique, et 0,046 $= \frac{1}{22}$ de son volume d'hydrogène. Dans une de ses expériences, il a trouvé que, 100 parties d'eau étant imprégnées d'un mélange de ces gaz, il resta 173 d'acide carbonique et 213,5 d'hydrogène. — On demande le volume total des gaz mélangés avant l'absorption. Ici nous avons $a=173$, $b=223,5$, $m=\frac{1}{1,06}$, $n=22$, et $v=100$: donc le volume primitif de l'acide carbonique $= 173 + \frac{100.\ 1,06}{1} . \frac{173}{386,5} = 220,5$ p. ; et celui de l'hydrogène $= 213,5 + \frac{100}{22} . \frac{213,5}{386,5} = 216$ *id.*

Total, 436,5.

Le volume total du mélange était, par l'expérience, de 434 : donc, dans cet exemple, le résultat théorique n'excède celui de l'expérience que de 2 $\frac{1}{2}$ seulement.

2°. *Mélange d'acide carbonique et d'oxigène.* — Saussure trouve que l'eau absorbe 0,065=$\frac{1}{15}$ ou $\frac{1}{16}$ d'oxigène. 100 parties d'eau saturées par un mélange d'acide carbonique et d'oxigène donnèrent pour reste 147,9 d'acide carbonique et 190 d'oxigène.

Ici, $a=147{,}9$, $b=190$, $m=\frac{1}{1,06}$, $n=16$, $v=100$. Donc le volume primitif de l'acide carbonique

$$=147{,}9+\frac{100.\,1{,}06}{1}.\frac{147{,}9}{337{,}9}=194{,}3 \text{ parties};$$

et celui de l'oxigène$=190+\frac{100}{16}.\frac{190}{337{,}9}=193{,}5$ *id.*

Total, 387,8.

Par l'expérience, le volume actuel du mélange était 390 : donc, dans cet exemple, le résultat théorique n'est inférieur à celui de l'expérience que de 2,2.

3°. *Mélange de gaz acide carbonique et de gaz azote.* — On a reconnu que l'eau absorbe 0,04 = $\frac{1}{24}$ de gaz azote; et 100 parties saturées par un mélange de gaz acide carbonique et de gaz azote ont donné pour reste 134,9 de gaz acide carbonique et 175,5 d'azote. Ici, $a=134{,}9$, $b=175{,}5$, $m=\frac{1}{1,06}$, $n=24$, et $v=100$. Donc le volume primitif du gaz acide carbonique

$$=134{,}9+\frac{100.\,1{,}06}{1}.\frac{134{,}9}{310{,}4}=180{,}9 \text{ parties};$$

et celui du gaz azote$=175{,}5+\frac{100}{24}.\frac{175{,}5}{310{,}4}=177{,}9$ *id.*

Total, 358,8.

Par l'expérience, le volume du mélange était de 357,6 : donc, dans cet exemple, le résultat théorique n'excède celui de l'expérience que de 1,2 seulement.

4°. *Mélange d'azote et d'oxigène.* — Dans l'eau

saturée d'air atmosphérique, nous avons $a=79$, $b=21$, $m=24$, $n=16$, et $v=100$: donc le volume primitif du gaz azote $=79+\frac{100}{24}\cdot\frac{79}{100}=82,39$ parties; celui de l'oxigène $=21+\frac{100}{16}\cdot\frac{21}{100}=22,31$.

Total, 104,70.

Par l'expérience, le volume du mélange absorbé était, suivant Saussure, d'environ $\frac{5}{100}$; par la théorie, il serait à peu près de $\frac{47}{100}$, dont le résultat théorique n'est inférieur à celui de l'expérience que d'une très-faible quantité.

Ces quatre expériences sont les seules qui aient été données sur l'absorption des gaz mélangés; leurs résultats s'accordent avec la théorie, avec toute l'exactitude que l'on pouvait espérer; deux restent un peu en deçà, et deux vont un peu au-delà. Ainsi, au lieu de justifier cette assertion qu'*aucun d'eux ne s'accorde avec la théorie*, tous la fortifient d'une manière aussi frappante que s'ils avaient été choisis dans un grand nombre d'autres, expressément avec l'intention de défendre cette théorie.

On pourrait conclure des remarques ci-dessus que je considère les résultats des quatre expériences citées plus haut comme approchant la vérité de très-près; mais il n'en est pas ainsi : l'absorption de l'air atmosphérique, aussi-bien que celle de l'oxigène et de l'azote, n'est, j'en suis convaincu, que de très-peu supérieure à la moitié de celle que Saussure a établie; mais ses erreurs pour l'azote et l'oxigène étant à peu près proportionnelles, les quantités comparatives dans le mélange en sont fort peu affectées.

En effet, Saussure se trompe sur tous les gaz les moins absorbables. Sa méthode, à leur égard, est radicalement mauvaise. Elle consiste à prendre beaucoup d'air et peu d'eau, et à déduire la quantité de gaz absorbée du volume entier d'air, avant l'absorption, comparé au volume du résidu. Cela peut être assez spécieux sur le papier; mais assurément, dans la pratique, ce n'est pas le moyen le plus exact pour obtenir un grain d'une substance, que d'en peser d'abord 1000 grains et d'en repeser ensuite 999. Je crains que Saussure n'ait déterminé la capacité du flacon *m* lorsqu'il était bien sec intérieurement; car, une fois rempli d'air pour l'expérience, il n'était plus sec en dedans, et par conséquent il ne contenait plus autant d'air, à cause de la quantité d'eau adhérente au verre. Cette circonstance, peu importante en apparence, est presque suffisante pour rendre raison des différences qui existent entre ses résultats et les miens.

En émettant l'assertion précédente, je ne prétends pas soutenir que les résultats que le docteur Henry et moi avons obtenus soient affranchis de toute inexactitude; je crois même que Saussure, dans un ou plusieurs cas particuliers, a donné des nombres plus exacts que les nôtres à l'égard de l'absorption par l'eau. Quant aux autres liquides, comme cela regarde plus particulièrement Saussure et moi, je n'en parlerai pas maintenant; mais je soutiens que les résultats publiés par le docteur Henry et moi sont incomparablement plus près de la vérité que ceux de Saussure, particulièrement pour les gaz les moins absorbables. Il me semble qu'avant de publier ses résultats, il aurait dû les soumettre à quelques épreuves, qui ne pouvaient manquer de se présenter à son esprit.

Par exemple, il eût été à désirer qu'il essayât de retirer l'air atmosphérique de l'eau, soit par la chaleur, soit par la machine pneumatique, et qu'il s'assurât que ce liquide peut en contenir cinq pour cent, comme l'absorption l'avait indiqué.

La méthode la meilleure et la plus expéditive de toutes est de chasser l'air atmosphérique par l'hydrogène; dans ce cas, l'air dégagé et l'hydrogène absorbé sont immédiatement déterminés par des méthodes bien connues; mais pour ceux qui n'entendent pas la théorie de ces procédés, cela ne peut leur être que d'un faible secours.

La quantité d'oxigène absorbé par l'eau peut être déterminée avec précision en agitant ce liquide avec du gaz nitreux, comme je l'ai annoncé il y a douze ans. En prenant 3,4 de gaz nitreux pour 1 d'oxigène, ou peut-être plus exactement 3,6 pour 1, le point de saturation est établi lorsqu'il ne reste rien de l'un ni de l'autre gaz. Un autre moyen de déterminer l'oxigène dans l'eau s'est dernièrement présenté à moi, et, dans une douzaine d'essais, il m'a constamment réussi, quoique chacun ait été fait sur des quantités différentes d'eau, depuis cinq onces jusqu'à deux cents : cette méthode a de plus l'avantage de ne pas exiger grand savoir pour être entendue ou mise en pratique. Je vais rapporter une de mes expériences.

Dix-huit onces d'eau de pluie clarifiée et trois d'eau de chaux ont été vivement agitées ensemble dans une grande jarre cylindrique, de manière à se charger complètement d'air atmosphérique; après quelques minutes de repos, 13 grains (mesures) d'une dissolution de sulfate vert de

fer (1,157 = $\frac{3}{4}$ sel = 1 oxide) furent versés dans l'eau et légèrement agités avec une baguette pendant cinq minutes : au bout d'une demi-heure un oxide jaune s'est précipité. L'eau a été retirée au moyen d'un syphon, et 7 grains de la même dissolution de sulfate furent jetés dedans et agités comme auparavant; un quart d'heure après, il se précipita un oxide absolument vert, et qui conserva sa couleur pendant plusieurs jours sous l'eau. Maintenant, si l'on admet dans l'eau la proportion d'oxigène déterminée par Saussure, le dernier oxide obtenu aurait dû être un oxide jaune pur. En admettant que l'oxide vert prend $\frac{1}{9}$ de son poids d'oxigène pour passer à l'état d'oxide jaune, nous trouvons environ 80 grains (mesures) de gaz oxigène dans 21 onces d'eau, ou 10080 grains. Si l'eau avait été chargée de pur oxigène, la quantité aurait été 400 grains, ou à peu près 4 pour 100, au lieu de 6,5, et elle aurait exigé cinq fois plus de sulfate, comme je l'ai souvent trouvé. Il n'y a plus d'oxigène dans l'eau après que l'oxide vert commence à devenir permanent.

Quoique la quantité de gaz oxigène absorbé par l'eau me paraisse décidément être 3,7 pour cent, comme je l'avais d'abord déterminé, ou peut-être 4 (plus ou moins), lorsque l'agitation a été récemment faite dans le gaz le plus pur; cependant je ne trouve pas le même degré d'exactitude dans mes premiers résultats relativement à l'azote. J'ai répété quelques-unes de mes expériences, et je trouve que l'eau absorbe 2 $\frac{1}{2}$ pour cent d'azote à très-peu près, et non 1,56, comme je l'avais premièrement fixé; et encore moins 4,1, comme Saussure l'établit. Je pense que Henry et Saussure se trompent tous les deux en

plaçant l'azote au-dessous de l'hydrogène; ce dernier gaz est le moins absorbable; l'eau prend à très-peu près 2 pour cent d'hydrogène. Henry dit 1,6, et Saussure 4,6; mais il doit être entendu que ces deux chimistes prétendent donner l'absorption observée par l'eau purifiée seulement par l'ébullition, et non pas absolument pure; tandis que les proportions que j'ai assignées ci-dessus appartiennent à l'eau absolument pure. Si nous admettons que l'eau, malgré une longue ébullition, retienne un sixième de l'air (ce qui est souvent le cas), le rapport de Henry pour l'hydrogène serait alors 1,9, et celui de Saussure 5,5, ce qui établit une énorme disproportion dans leurs erreurs.

Lorsque l'eau est violemment agitée avec toute espèce de gaz, il faut quelque temps pour que l'air surabondant qui y a été mécaniquement introduit en petites bulles puisse s'échapper. Après tout, il y a probablement une surcharge : j'ai cherché à déterminer la quantité de cette surcharge; c'est un sujet de quelque importance sous le point de vue théorique. Ce qui suit peut être utile à ceux qui voudront s'occuper de cet objet. Un gallon d'eau (environ $\frac{1}{6}$ de pied cube) tenu long-temps en ébullition, versé dans une jarre cylindrique, de manière à avoir 8 pouces de profondeur, exposé à l'atmosphère sans agitation, recouvre la moitié de son air dans deux jours. Au bout de dix jours, on ne remarque plus aucune absorption; mais, au moyen d'une violente agitation, elle prendra une surcharge de $\frac{1}{10}$ ou de $\frac{1}{12}$. Il faut savoir que l'eau exige une agitation d'environ une minute pour prendre une pleine charge d'un gaz quelconque, lorsqu'elle a été préalablement purgée d'air autant que pos-

sible, et en supposant que le volume de l'eau soit environ 20 fois plus grand que celui de l'air ; mais si son volume égale 30 fois ou 40 fois celui de l'air, il est nécessaire d'agiter pendant deux ou trois minutes : rarement je me contente de moins de cinq minutes.

Je ne puis concevoir pourquoi Saussure a négligé de faire la moindre mention d'un des principaux traits de la théorie de l'absorption ; je veux parler de l'effet de la chaleur. Il en est bien question dans le paragraphe relatif à ses méthodes de purger l'eau de l'air qu'elle renferme ; mais c'est accidentellement, et il n'entre dans aucune explication. Il propose deux moyens pour chasser l'air des liquides (ou plutôt pour lui permettre de s'échapper). Le premier consiste à déplacer l'air qui presse sur leur surface par une vapeur d'une égale force élastique, c'est-à-dire, de faire bouillir les liquides.

Le second est de supprimer l'air environnant et de lui substituer une vapeur d'une faible élasticité, c'est-à-dire l'usage de la machine pneumatique. Il observe que, dans le dernier cas, « la pression de la vapeur empêche l'air « de s'échapper. » Il me semblerait très-raisonnable de demander pourquoi la pression, dans le premier cas, n'empêche pas, à plus forte raison, l'air de s'échapper ? La seule réponse que Saussure et vous me ferez probablement, c'est que la chaleur de l'eau bouillante chasse l'air avec tant de force, que l'action d'une contre-pression égale à celle de l'atmosphère devient insignifiante. La vérité est que ni la chaleur ni la vapeur n'ont directement aucune influence sur l'expulsion ou la rétention de l'air. Si un tube, rempli moitié d'eau et moitié d'air, et hermétiquement fermé, est trempé à volonté dans

l'eau à 0°, ou dans l'eau bouillante, pendant une demi-heure, on n'apercevra aucune particule d'air passer de l'air dans l'eau, ou de l'eau dans l'air, quoique la pression de la vapeur varie de 1 à 150, et la température de 0° à 100°. Le même tube, ouvert à son extrémité et plongé dans l'eau bouillante, deviendra presque opaque en moins d'une demi-minute par l'ascension des bulles d'air.

M. Saussure et vous avez établi comme étant ma théorie, « que tous les liquides absorbent la même quantité « d'air que l'eau. » (V. 339, et vol. VII, p. 23.) Mes expressions sont : « La plupart des liquides—excepté, etc. » Ces expressions ne sont pas, je pense, généralement jugées synonymes. Mes expériences ont été plus multipliées sur l'eau que sur les autres liquides, et ce que j'avais particulièrement en vue était de montrer que toute légère modification de l'eau par les acides, les sels, etc., telles que celles qu'on rencontre dans la nature, n'apportait pas de différence sensible relativement à l'absorption. Je n'avais fait aucune expérience sur les acides concentrés liquides et sur les dissolutions salines. J'ai trouvé qu'une forte dissolution de sel commun absorbait seulement un tiers du volume d'un gaz quelconque, comparativement à l'eau; et voilà la raison pour laquelle j'avais dit : « La plupart »; au lieu de « tous les liquides ». Mais, malgré ma restriction, je suis prêt à convenir qu'elle n'était pas suffisante. Les expériences multipliées de Saussure sur les autres liquides que l'eau surpassent les miennes en nombre et en variété, et elles seront considérées comme très-précieuses si celles qui concernent les gaz les moins absorbables présentent la même exactitude que les autres.

Dans l'opinion de Saussure, si l'influence de l'affinité chimique n'existait point, les gaz seraient absorbés, suivant le même ordre, par tous les liquides; mais comme cette loi ne s'observe pas, il conclut que les absorptions sont produites par l'affinité. Il serait, à mon avis, plus exact de dire que quand un volume d'un gaz quelconque, ou mélange de gaz, est absorbé par l'eau proportionnellement à la pression de l'air ambiant, et que ce même volume d'air peut être dégagé sans aucun changement par les moyens ordinaires de l'ébullition, de la machine pneumatique ou de l'agitation avec un autre gaz, alors l'absorption est mécanique. Mais si l'on observe le moindre changement dans les gaz déplacés, soit pour la quantité, soit pour la qualité, il faut l'attribuer à l'affinité. Ainsi, lorsque le gaz nitreux ou l'hydrogène sulfuré sont introduits dans l'eau pure privée de tout l'air qu'elle contenait, on peut très-rarement (si même cela se rencontre jamais) en dégager la même quantité, chacun de ces gaz subissant en peu de temps une décomposition partielle. Si l'on dit que les dissolutions d'ammoniaque, d'acide muriatique, etc., dans l'eau, doivent, d'après ces principes, être considérées comme des composés mécaniques, j'accorderais que ce sont des combinaisons d'une nature mixte, en partie mécaniques et en partie chimiques. L'immense condensation du volume de ces gaz par l'eau ne peut être attribuée aux causes mécaniques seules; l'eau doit avoir une affinité pour les bases de ces gaz, ou pour leur calorique, ou pour l'un et l'autre, et de plus la quantité n'est pas comme la pression. Mais lorsque le gaz n'éprouve aucune condensation, et que sa quantité est précisément comme la pression,

vouloir rapporter ce phénomène à l'affinité, cela me semble tout aussi déraisonnable que de vouloir attribuer l'air enfermé dans un tas de sable à l'affinité chimique du sable pour l'air, et de conclure que cette affinité varie suivant l'état du baromètre.

Il ne sera peut-être pas superflu de résumer ces remarques et de les réduire à un petit nombre d'articles qui renfermeront les principes fondamentaux que j'adopte relativement à la théorie de l'absorption. Je pense qu'alors ils pourront être clairement entendus. Il ne s'agit par conséquent que des gaz dont l'eau ne prend jamais plus que son volume.

1°. La quantité d'un gaz quelconque pur, absorbée par l'eau, est proportionnelle à la pression ou à la densité du gaz.

Cette découverte appartient au docteur Henry. Je l'adopte comme un principe essentiel de la théorie. Saussure le confirme aussi.

2°. Lorsque l'eau est en contact avec un mélange de plusieurs fluides élastiques, les quantités de gaz absorbées sont proportionnelles à la force élastique ou à la densité de chacun des gaz qui entrent dans le mélange *après que l'absorption a cessé* (et non pas à ces densités avant l'absorption, à moins que celle-ci n'y ait apporté aucun changement). De plus, les quantités absorbées sont les mêmes que si les gaz eussent été exposés isolément à l'action de l'eau, avec les densités respectives qu'ils ont dans le mélange. Ainsi l'eau exposée à l'air atmosphérique libre et qui s'en est complètement saturée, contient les 0,21 de l'oxigène qu'elle aurait pris si ce dernier gaz eût constitué à lui seul toute l'atmosphère, et les 0,79 de l'azote qu'elle

aurait absorbé si l'air eût été de l'azote pur. Mais si l'eau se trouve en contact avec un volume d'air limité, qui ne soit, par exemple, que le quinzième de celui de l'eau, alors celle-ci absorbera proportionnellement beaucoup moins d'oxigène et beaucoup plus d'azote que dans le cas précédent.

Cette découverte m'appartient; elle a été confirmée par les expériences de Henry et par les quatre expériences de Saussure citées plus haut, les seules, parmi les siennes, qui aient rapport à cet objet.

3°. Les changemens de température n'ont point d'influence sur les quantités de gaz absorbées par l'eau.

Cette observation est aussi de moi. L'idée m'en fut suggérée par la considération d'autres faits, et elle a été depuis confirmée par l'expérience. Comme la chaleur augmente autant le ressort de l'air ambiant que celui de l'air renfermé dans l'eau, l'équilibre n'est point troublé. La raison pour laquelle la chaleur semble chasser l'air des liquides est qu'elle produit des vapeurs qui éloignent de leurs surfaces l'air atmosphérique. La machine pneumatique ou le gaz hydrogène, en détruisant la pression de l'azote et de l'oxigène de l'atmosphère, sont également propres à chasser l'air de l'eau sans le concours de la chaleur.

Ce trait de la théorie, ainsi que nous l'avons remarqué, n'a pas été relaté par Saussure.

4°. Si l'on prend le volume de l'eau pour unité, les volumes de quelques gaz absorbés par ce liquide seront représentés par $1, \frac{1}{8}, \frac{1}{27}, \frac{1}{64}$, etc.

Cette observation s'est présentée à moi pendant mes recherches, et j'ai cherché à démontrer que ces propor-

tions résultaient nécessairement des phénomènes précédens. Quoique plusieurs des résultats de Saussure diffèrent grandement des proportions ci-dessus, par suite des erreurs que nous avons indiquées, je dois cependant convenir que cette loi n'est pas sans exceptions, particulièrement dans la classe des gaz, dont l'eau ne devrait prendre que $\frac{1}{64}$ de son volume.

Les approximations sont-elles accidentelles, ou sont-elles fondées sur le principe d'équilibre que j'ai suggéré?

Cette question pourra devenir le sujet intéressant d'une nouvelle discussion lorsque les faits auront été confirmés de manière à ne plus laisser de doute.

J'avais avancé que la plupart des liquides débarrassés de viscosité, tels que les acides, l'alcool, les sulfures liquides et les dissolutions salines dans l'eau, absorbent la même quantité de gaz que l'eau pure, à moins qu'ils n'aient une affinité pour le gaz, comme, par exemple, les sulfures pour l'oxigène, etc. Cette assertion me paraît trop générale. Saussure a clairement prouvé que les huiles, les acides, l'alcool, les dissolutions salines diffèrent d'une manière marquée de l'eau quant à la quantité des gaz absorbés; mais, sous tous les autres rapports, les trois premières lois s'appliquent à ces liquides et à l'eau sans aucune différence.

Je laisse maintenant à décider si, « d'après les expériences de M. de Saussure, la théorie de M. Dalton sur l'absorption des gaz par les liquides doit paraître erronée à tous égards. »

Je suis, etc.

JOHN DALTON.

SUITE

De l'Essai d'une Classification naturelle pour les Corps simples.

PAR M. AMPÈRE.

§ II. *Division des Corps simples en genres formés d'après l'ensemble de leurs propriétés.*

La botanique a offert le premier exemple d'une classification naturelle. L'illustre auteur de cette classification ne s'occupa que des végétaux ; mais les principes sur lesquels il l'établit ont été depuis appliqués avec le même succès à d'autres branches des sciences naturelles, et il est généralement reconnu aujourd'hui que ces principes sont ceux qu'on doit suivre dans tout travail du même genre, quels que soient les objets qu'on se propose de classer. Ce Mémoire ayant pour objet d'en faire une nouvelle application, j'ai dû d'abord examiner la marche suivie par les inventeurs des méthodes naturelles, afin de voir s'il était possible, en partant des mêmes principes, d'établir entre les corps simples des divisions qui fussent également fondées sur l'ensemble de leurs propriétés, et d'assigner les caractères les plus propres à déterminer d'une manière précise les limites de chaque division.

Il est évident que le nombre en doit être très-borné relativement à celui des divisions adoptées dans les deux parties de l'histoire naturelle des corps organisés ; là, les espèces qu'il s'agit de classer doivent d'abord être distribuées en genres : c'est en réunissant ceux de ces genres

qui ont entre eux des analogies plus marquées et plus importantes qu'on forme les familles naturelles ; et ces familles sont elles-mêmes encore trop nombreuses pour qu'il ne soit pas nécessaire de les partager en classes. J'ai trouvé qu'à l'égard des corps simples, il suffit, pour ne négliger aucune des analogies un peu importantes qu'ils présentent, de les diviser d'abord en genres correspondans aux familles naturelles des animaux et des végétaux, et d'en former ensuite deux classes où chaque corps occupe la place qui lui est assignée par ces analogies ; en sorte qu'il faut, pour remplir le but que nous nous proposons, faire sur les corps simples un travail semblable à celui que les naturalistes ont exécuté sur les groupes qui portent le nom de genres dans la zoologie et la botanique, et, après en avoir ainsi formé différens genres d'après les principes qui ont servi à établir les familles naturelles des corps organisés, passer à la détermination des classes de la même manière qu'on a procédé, dans les sciences dont nous parlons, à la classification de ces familles.

Non-seulement les genres des plantes étaient déterminés à l'époque de la création de la première méthode naturelle, mais la plupart des familles l'étaient également. Dès-lors la découverte de cette méthode a consisté surtout à distinguer parmi les caractères des végétaux ceux qui, ne se trouvant jamais dans une espèce qu'ils n'appartiennent aussi à toutes les espèces de la même famille, doivent être considérés comme des caractères du premier ordre ; ceux qui, présentant, à quelques exceptions près, la même généralité, ne peuvent, à cause de ces exceptions, être regardés que comme des caractères du second

ordre ; ceux qu'on a nommés caractères du troisième ordre, parce qu'ils sont constans dans toutes les familles de certaines classes, et variables à l'égard de celles qui appartiennent à d'autres classes ; comme la réunion des étamines par les anthères, qui caractérise si essentiellement, par exemple, les fleurs composées, et qui n'est plus d'aucune valeur lorsqu'il s'agit d'autres familles, telles que les solanées et les campanulacées ; enfin les caractères secondaires ou du quatrième ordre qui, variant le plus souvent dans des familles d'ailleurs très-naturelles, ne doivent être employés qu'à la distinction des genres. Il est évident que l'observation pouvait seule faire connaître cette subordination des caractères, et qu'elle ne le pouvait que parce que la plupart des familles étaient déjà déterminées. Comment en effet aurait-on pu décider autrement si une propriété était plus importante qu'une autre? L'exemple de Linné prouve assez combien on est exposé, lorsqu'on veut en juger *à priori*, à donner la préférence à des caractères souvent très-variables. On conçoit, au reste, que, si la formation d'un grand nombre de familles naturelles a dû nécessairement précéder la détermination des divers degrés d'importance qu'on doit attribuer aux caractères, ce n'est qu'après cette détermination, et en partant des analogies dont elle fait connaître la valeur relative, qu'on peut compléter le nombre des familles et en fixer les limites avec quelque exactitude ; en sorte que ces deux genres de recherches doivent marcher de front et se perfectionner mutuellement. J'insiste sur cette circonstance, parce que c'est d'elle que dépend la principale difficulté de la classification des corps simples. Ici, les êtres qu'il s'agit de classer sont mieux connus et bien

moins nombreux que les genres des plantes ou des animaux relativement auxquels on a eu à faire cette double opération ; mais nous manquons presque entièrement des rapprochemens préliminaires dont nous devrions tirer les mêmes secours que les inventeurs des méthodes naturelles ont trouvés dans les premiers essais des naturalistes qui les avaient précédés. Je crois cependant que les différens points de vue sous lesquels on peut considérer les corps simples sont assez familiers aux personnes qui s'occupent de chimie pour que je puisse me dispenser de faire ces rapprochemens, et commencer par examiner le degré d'importance de quelques-unes des propriétés de ces corps qui se présentent les premières lorsqu'on cherche des caractères propres à les classer.

La solidité, la liquidité ou la fluidité élastique des corps simples à l'état de pureté est un caractère auquel il est aisé de voir qu'on ne peut attacher aucune importance ; si on lui en donnait, on séparerait des substances qui présentent, comme nous le verrons bientôt, la plus grande analogie relativement à leurs autres propriétés : tels sont le chlore et l'iode, l'oxigène et le soufre, le mercure et l'argent : mais il n'en est pas de même lorsque l'on considère l'état solide, liquide ou gazeux des combinaisons que différens corps forment entre eux. Ce caractère, qui ne semble pas d'abord devoir être d'une grande importance, en acquiert beaucoup quand on remarque l'analogie générale des corps qu'il rapproche et les nombreuses différences de ceux qu'il sépare. L'ancienne division des métaux et des corps non métalliques, qui n'a été jusqu'à présent ni précisée ni suffisamment discutée à l'égard de quelques-uns d'entre eux, repose en

général sur un ensemble de propriétés qui ne permet pas de la regarder comme artificielle, et cependant, ainsi que nous l'avons remarqué dans le paragraphe précédent, il est difficile d'assigner un caractère précis qui distingue constamment les corps qui appartiennent à ces deux classes de corps simples : ce qui vient en partie de ce qu'on a rangé dans l'une quelques substances qui auraient dû l'être dans l'autre. Ces substances sont le silicium, le tellure et l'arsenic. Le premier est tellement analogue au bore, qu'il est impossible de l'en séparer. Ce qu'on nomme *silice*, et qui devrait porter le nom d'*acide silicique*, appartient si évidemment à la classe des acides que, dans plusieurs pierres, ou plutôt dans plusieurs *siliciates*, la proportion de l'oxigène uni au silicium est la même que celle de l'oxigène combiné avec le soufre dans les sulfates correspondans ; que le feld-spath comparé à l'alun, comme l'a fait voir M. Berzélius, présente non-seulement la même proportion d'oxigène dans l'acide relativement à celui des bases, mais encore le même rapport entre ces bases, potasse et alumine ; que le verre n'est qu'un siliciate insoluble à l'état neutre et à celui de sel avec excès d'acide, parce que cet acide est lui-même insoluble, tandis qu'un siliciate avec excès de base, et dont la base a une grande affinité pour l'eau, celui, par exemple, qu'on connaît sous le nom de *liqueur des cailloux*, est au contraire très-soluble et déliquescent ; que les siliciates sont en tout semblables aux borates lorsque ceux-ci sont formés, comme eux, par la voie sèche ; qu'enfin le silicium et le bore se désoxident de la même manière par l'action simultanée du fer et du carbone en formant avec le fer des composés pareils, et se combinent de même,

en produisant des gaz permanens acides, avec le corps analogue à l'oxigène, au soufre, à l'iode et au chlore, qui est uni à l'hydrogène dans l'acide connu sous le nom d'*acide fluorique*.

On objectera sans doute à des analogies si remarquables entre le silicium et le bore, la saveur acide et la propriété de rougir les teintures bleues qu'offre l'acide borique et non l'acide silicique; mais cette objection disparaît lorsqu'on fait attention que les deux propriétés dont nous parlons ne peuvent se manifester qu'autant que la substance qui les présente est soluble dans l'eau : elles n'appartiennent qu'à un faible degré à l'acide borique, précisément parce qu'il est peu soluble ; un degré de cohésion de plus entre ses particules, en le rendant insoluble, les lui enlèverait complètement, et ce n'est pas un caractère aussi peu prononcé que cette différence de solubilité, qu'on peut regarder comme suffisant pour séparer deux corps qui ont d'ailleurs tant de propriétés communes. C'est ainsi que l'acide colombique est dépourvu de saveur, et rougit encore moins les couleurs bleues que l'acide borique, parce qu'il est encore moins soluble; et que l'oxide de plomb, qui est tellement alkalin qu'il verdit le sirop de violette dans l'acétate et le nitrite sursaturés, parce que ces sels sont solubles, ne l'altère point dans l'eau pure, parce qu'il ne s'y dissout pas. A l'égard du tellure et de l'arsenic, plusieurs chimistes ont déjà reconnu que ces deux corps ne devaient point être rangés parmi les métaux. M. Gay-Lussac les en a séparés dans la classification dont j'ai parlé au commencement de ce Mémoire. La propriété qu'a le tellure de former un acide avec l'hydrogène, le place, comme je l'ai déjà dit,

auprès de l'iode, doué, comme lui, de l'opacité et de l'éclat qu'on remarque dans les vrais métaux, et qui forme, comme lui, une combinaison solide avec l'oxigène. L'arsenic présente plusieurs analogies remarquables avec le soufre; mais la propriété de ne point former de gaz permanent avec l'oxigène, et celle de produire avec l'hydrogène un gaz qui n'est point acide, le rapprochent encore plus du phosphore, dont il ne diffère par aucune propriété essentielle, surtout quand on le compare au phosphore refroidi subitement, observé par M. Thénard, et dont l'aspect est assez semblable à celui de certains métaux. Après qu'on a réuni le silicium, le tellure et l'arsenic aux corps simples que tous les chimistes regardent comme non métalliques, on s'aperçoit qu'ils ont tous une propriété commune, celle de former des gaz permanens en s'unissant à d'autres corps de la même classe, et que cette propriété leur appartient exclusivement, à une seule exception près, celle de la combinaison gazeuse que M. Sementini dit avoir obtenue par la combinaison de l'hydrogène et du potassium. On a essayé sans succès de répéter ses expériences à Paris, ou du moins le gaz qu'on a obtenu ne semblait être qu'un mélange d'hydrogène et de vapeur de potassium que ce gaz entraînait avec lui. Mais, en les admettant, il ne faudrait pas en conclure que le potassium doit être séparé des autres métaux, l'ensemble de ses propriétés s'y oppose trop complètement. Ce serait une simple exception, et c'est en cela que les principes d'une classification naturelle doivent s'écarter entièrement de ceux d'un arrangement artificiel. Dans ce dernier cas, on doit s'en rapporter exclusivement aux caractères qu'on a choisis; mais, dans une classification naturelle, il y a une règle supé-

rieure à toute considération de ce genre : quelque général que soit un caractère, il ne peut suffire seul pour ôter un corps de la place que lui assignent un grand nombre d'analogies incontestables ; il faut alors se borner à restreindre ce caractère de manière à le faire cadrer avec ces analogies. Ici, par exemple, le gaz hydrogène potassié, qui fait la seule exception connue, ne peut rester en contact avec l'air atmosphérique sans se décomposer. Si donc on peut diviser tous les corps simples en deux classes, on doit ranger dans l'une les corps susceptibles de former, avec d'autres substances de la même classe, des gaz permanens *qui puissent subsister sans se décomposer lorsqu'ils sont mêlés à l'air atmosphérique;* et dans l'autre, tous ceux qui ne présentent pas cette propriété. On pourra simplifier beaucoup cette définition en en retranchant ce qui est écrit en lettres italiques, dans le cas où l'on reconnaîtrait que l'hydrogène potassié n'est pas une combinaison permanente, même à l'abri du contact de l'air. Il me semble qu'il conviendrait, pour distinguer ces deux sortes de corps, de donner aux premiers le nom de *gazolytes* (1), en conservant aux seconds la dénomination ordinaire, *métaux*. Il est à remarquer que la première de ces deux classes, ainsi définie, contient le phosphore, comme cela doit être, quoique l'hydrogène perphosphoré ne puisse subsister avec l'air atmosphérique, parce qu'il suffit, pour appartenir à cette classe, d'après la définition que nous venons d'en donner, que le corps simple puisse entrer dans la composition d'un gaz permanent que le contact de l'air atmosphérique ne décompose pas, et que l'hydrogène protophosphoré est dans ce cas.

---

(1) Du mot grec λυτὸς, *soluble*.

Restreint ainsi, le caractère sur lequel je viens d'établir cette première division des corps simples me paraît avoir toute la généralité qui doit appartenir à un caractère de la première classe. On m'objectera sans doute que cette propriété de produire un gaz qui puisse subsister en contact avec l'air semble dépendre d'une circonstance peu importante ; mais il ne faut pas perdre de vue que, quand dans une classification naturelle on assigne un caractère distinctif à une classe formée d'après l'ensemble des propriétés des corps qu'elle réunit, ce n'est pas parce qu'ils offrent ce caractère qu'on les range dans cette classe, c'est au contraire le caractère qu'on choisit comme propre à les distinguer de tous les autres, parce que l'observation fait voir qu'il leur appartient exclusivement.

On peut faire, sur d'autres qualités des corps simples, des observations semblables à celle que nous venons de faire sur les différens états de solidité, de liquidité ou de fluidité élastique. La couleur, par exemple, qu'ils présentent lorsqu'ils sont purs n'est d'aucune importance relativement à l'ordre naturel que nous cherchons à établir entre eux ; mais l'observation fait voir que, lorsqu'il s'agit des métaux, on peut tirer un caractère important de la manière dont les dissolutions de ces corps dans des acides incolores agissent sur la lumière ; ce caractère semble lié par une loi de la nature, dont la cause nous est inconnue, avec d'autres propriétés, et surtout avec le degré de fusibilité, en sorte qu'à l'exception de quelques métaux infusibles acidifiables, les métaux qui se dissolvent dans les acides, qui forment toujours avec ceux qui sont sans couleur

des dissolutions incolores, et dont les oxides peuvent être décomposés, sont tous fusibles à une température qui n'atteint jamais 25° du pyromètre de Wedgewood; tandis que les métaux qui forment avec les mêmes acides, du moins à certains degrés d'oxidation, des dissolutions colorées sont, sans exception, infusibles à cette température, et ne peuvent même, presque tous, passer à l'état liquide qu'à un degré de chaleur bien supérieur. Dans l'état actuel de la chimie, on peut à peine entrevoir comment la coloration des dissolutions métalliques dépend de la force de cohésion des particules des métaux, à laquelle on doit attribuer leurs différens degrés de fusibilité. Mais plus ces propriétés paraissent devoir être indépendantes l'une de l'autre, plus la coexistence constante que l'observation nous découvre entre elles devient un caractère important et un indice certain de l'analogie naturelle des corps où ces propriétés se trouvent réunies. C'est d'après cette considération que j'ai cru devoir les regarder comme des caractères du second ordre, et former les deux séries de métaux dont j'ai parlé dans le paragraphe précédent: l'une, des métaux fusibles au-dessous de 25° du pyromètre, dont les dissolutions dans des acides incolores sont sans couleur; et l'autre, des métaux infusibles à cette température, qui forment avec ces acides des dissolutions colorées: j'ai réuni à la première ceux qu'on n'a point encore pu séparer de l'oxigène, parce qu'ils forment constamment des dissolutions incolores, et que toutes leurs propriétés les rapprochent des métaux alkalins qui, outre ce caractère, présentent aussi celui d'une grande fusibilité; et j'ai placé à la suite de la seconde,

parce que leurs autres caractères ne permettent pas de les en éloigner, les métaux infusibles acidifiables et ceux dont les oxides ne se dissolvent pas dans les acides, tels que le titane et l'osmium. Les métaux de la première série pourraient être nommés *leucolytes*, de λευκὸς, *blanc, clair, transparent*; et ceux de la seconde *chroïcolytes*, de χρωϊκὸς, *coloré*.

Un des caractères les plus remarquables, après ceux dont nous venons de parler, consiste dans la propriété qu'offrent plusieurs corps simples de n'éprouver aucune altération par le contact de l'air, à quelque température qu'on les y expose. L'observation due à M. Vauquelin, sur l'oxidabilité de l'argent à l'air libre lorsqu'on en élève la température au degré nécessaire pour le volatiliser (1),

(1) Il paraît d'abord surprenant qu'on ne puisse déterminer la combinaison de l'argent avec l'oxigène à l'état de gaz qu'en mettant ces deux corps en contact à une température suffisante pour volatiliser l'argent, surtout lorsqu'on remarque que l'oxide de ce métal se décompose par la seule action du calorique à une température inférieure; mais il me semble qu'on peut rendre raison de ce fait en le ramenant, ainsi que plusieurs autres qui présentent la même difficulté, à une explication fondée sur une analogie à laquelle on ne paraît pas encore avoir fait attention. On voit, par les phénomènes qu'offrent les corps électrisés ou aimantés, que l'état particulier où ils se trouvent détermine une attraction entre ceux dont l'électricité ou le magnétisme sont de nature opposée, et que cette attraction est d'autant plus grande qu'il y a à cet égard plus de différence entre eux. Les décompositions opérées par la pile de Volta ne permettent pas de douter que cette action n'ait lieu aussi entre les particules des corps, et qu'elle ne se joigne alors à celle de l'affinité chi-

donne à ce caractère plus de généralité, parce qu'alors il ne se rencontre, parmi les métaux, que dans des corps qui présentent des analogies si remarquables et si multipliées

---

mique, si elle n'en est pas elle-même une des principales causes. Pourquoi cette loi ne serait-elle pas générale? Pourquoi la cause inconnue de la chaleur, qui paraît avoir tant de rapports avec celle de l'électricité, ne produirait-elle pas des effets analogues en déterminant une attraction entre les corps ou les particules des corps, d'autant plus grande que leurs températures sont plus différentes? J'ignore si l'on parviendra jamais à rendre cette attraction sensible pour des corps d'un volume appréciable, parce que le calorique rayonnant librement au travers de l'air, les corps différemment échauffés dans ce fluide sont comme deux corps dont les états électriques sont opposés et qui sont placés dans le vide. Mais plusieurs phénomènes me paraissent prouver que ses effets se manifestent entre les particules des corps, en sorte que leur affinité est augmentée d'une nouvelle attraction quand elles se trouvent à une température différente dans des circonstances favorables à la combinaison. On explique en effet par là :

1°. Pourquoi, l'affinité de l'oxigène pour l'argent n'étant suffisante, à aucune température, pour qu'ils puissent se combiner quand le premier est à l'état de gaz et que cette température est la même pour tous deux, ils se combinent néanmoins quand les particules de l'argent, volatilisées par une chaleur très-intense, rencontrent celles du gaz oxigène, et que celles-ci sont à un degré de température bien inférieur. Rien n'empêche que cette combinaison une fois formée ne subsiste, pourvu que l'oxide soit refroidi assez subitement pour que ses deux élémens n'arrivent à la même température qu'au-dessous du degré où cet oxide se décompose. Ce degré peut d'ailleurs être

qu'on doit nécessairement les réunir dans un genre unique et qui n'en renferme aucun autre, ainsi que nous le verrons quand nous exposerons les propriétés communes à

---

moindre, comme l'expérience le prouve, que celui où la combinaison se forme, parce que, dans l'oxide exposé au feu, les deux élémens doivent s'échauffer également, et qu'il n'y a dès-lors plus lieu à l'augmentation d'affinité due à la cause que nous venons d'indiquer.

2°. La réduction du fer par l'hydrogène aux mêmes températures où il décompose l'eau, qui a été constatée par les expériences de M. Gay-Lussac. Pour rendre raison de cette réduction, il suffit d'admettre que l'affinité du fer pour l'oxigène, tant que ces deux corps sont également échauffés, est un peu moindre que celle du dernier pour l'hydrogène; ce qui n'empêche pas que le fer élevé à une haute température ne décompose l'eau qu'on y fait arriver à l'état de vapeur à la vérité, mais à une température nécessairement inférieure à celle du fer, parce que la vapeur d'eau étant parfaitement perméable au calorique rayonnant, et pouvant, dans cette expérience, se dilater librement, ses particules ne peuvent point prendre immédiatement la température des parois du tube qu'elle traverse.

3°. L'action du gaz ammoniacal sur le fer et le cuivre observée par M. Thénard. Il en est de ce gaz, dans cette expérience, comme de la vapeur d'eau dans la précédente. La différence de température peut produire, entre un métal, quel qu'il soit, et l'azote, une augmentation d'affinité suffisante pour enlever ce dernier corps à l'hydrogène; mais ses particules prenant presque aussitôt, dans l'azoture qui en résulte, la même température que celle du métal, cet azoture doit alors être décomposé, comme l'oxide d'argent, et pour

tous les corps de ce genre. A l'égard des gazolytes, le caractère dont nous parlons se remarque d'abord dans le

---

la même raison, à une température moindre que celle à laquelle il se forme. Quant à l'azote et à l'hydrogène, ils doivent rester séparés, puisqu'on sait qu'une fois désunis et mélangés à l'état de gaz, ils ne peuvent plus se combiner. Les particules du métal ayant été successivement combinées avec celles de l'azote, pourront, d'après la nature de ce métal, rester en partie désagrégées; ce qui explique la fragilité et l'absence de toute ductilité dans le fer et le cuivre soumis à cette expérience.

4°. L'action par laquelle la chaleur favorise la combinaison de plusieurs corps sur lesquels on ne peut pas dire qu'elle agit en détruisant la cohésion de leurs particules. On sait combien la chimie offre d'exemples de corps complètement infusibles tant qu'ils sont isolés, qu'il suffit de chauffer après les avoir mêlés, pour en déterminer la combinaison. Ne serait-ce pas parce que leur propriété conductrice de la chaleur ne pouvant être rigoureusement égale, et se trouvant en général fort différente, ils s'échauffent en conséquence à des degrés différens, ce qui, d'après les considérations précédentes, doit augmenter l'affinité mutuelle de leurs particules? La détonnation par la simple élévation de température, à vaisseau ouvert, d'un mélange d'hydrogène et d'oxigène, n'a pu être encore expliquée; mais on en rend aisément raison de la même manière en faisant attention à la facilité avec laquelle les particules de l'oxigène perdent ou acquièrent du calorique, tandis que celles de l'hydrogène ne paraissent éprouver à cet égard presque aucun changement. On remarque surtout cette différence dans leur manière d'agir relativement au calorique, lorsqu'on les comprime fortement; on sait

chlore et dans deux autres substances qui ne peuvent en être séparées, et qui sont les seules qu'on puisse lui associer

---

qu'alors l'oxigène donne lieu à un dégagement de chaleur et de lumière qu'on n'observe point lorsqu'on soumet l'hydrogène à la même expérience. Dès-lors les particules de ces deux gaz, mêlées et exposées à l'action d'une haute température, doivent s'échauffer à des degrés très-différens; ce qui suffit, d'après ce que nous venons de dire, pour expliquer leur combinaison, malgré l'augmentation de leur distance causée par la dilatation des gaz.

5°. Les effets de la lumière, lorsqu'ils paraissent s'écarter en quelques points de ceux du calorique obscur. Ces effets dépendent alors de ce qu'elle tend plus spécialement à changer inégalement la température des particules des différens corps qu'on soumet à son action, suivant leur couleur. Le chlore, par exemple, étant coloré, si, après l'avoir mêlé à un corps transparent, on expose le mélange à la lumière, ses particules s'échaufferont plus que celles de ce corps, et la différence de température produira encore une augmentation d'affinité : c'est ainsi qu'on fait dépendre la formation de l'acide chloroxicarbonique, qui n'a pu avoir lieu jusqu'à présent que par l'action de la lumière, de la même loi que les différentes compositions et décompositions expliquées dans cette note. On voit en même temps pourquoi cette action tend aussi à déterminer la production de l'acide hydrochlorique lorsqu'elle s'exerce, soit sur un mélange de chlore et d'hydrogène, soit sur une dissolution de chlore dans l'eau. Il ne faut pas oublier, au reste, que tout ce que nous avons dit de la facilité avec laquelle varie la quantité de calorique unie aux particules de l'oxigène s'applique également au chlore, qui laisse aussi échapper par la compression beaucoup de chaleur et de lumière.

complètement ; il existe aussi dans l'oxigène et l'azote, mais non dans le soufre, que j'ai cru, d'après des motifs que j'exposerai bientôt, devoir réunir à ces deux derniers : cette exception est très-remarquable, mais c'est la seule, et le caractère qui la présente doit en conséquence être regardé comme un caractère du second ordre.

Celui de former avec l'oxigène des gaz permanens paraît aussi assez constant ; mais on ne peut guère le considérer que comme un caractère du troisième ordre, parce qu'il présente deux exceptions, l'une relative à l'iode et l'autre à l'hydrogène ; il faudrait, en effet, pour qu'il ne séparât pas ces corps de ceux avec lesquels ils ont le plus d'analogie, que leurs combinaisons avec l'oxigène, dont l'une est solide et l'autre liquide à la température ordinaire, fussent des gaz permanens.

Je n'insisterai pas sur plusieurs autres caractères que je regarde aussi comme du troisième ordre ; je dirai seulement un mot de ceux de ces caractères qui dépendent des propriétés qu'offrent les combinaisons des corps simples avec l'oxigène, parce que les chimistes s'en sont beaucoup occupés, et que, dans l'emploi qu'ils en ont fait comme moyen de classification, ils n'ont point distingué ceux qui sont en effet assez constans pour qu'en en faisant usage on ne sépare le plus souvent que des corps de genres différens, et ceux qui varient dans la plupart des genres naturels.

On doit compter parmi les premiers :

1°. La propriété de former avec l'oxigène des composés acides. Nous avons vu qu'on doit ranger la silice parmi les acides, et le silicium parmi les corps non métalliques, en sorte qu'à deux exceptions près, l'hydro-

gène et le tellure, tous ces corps forment des acides avec l'oxigène; tandis que parmi les métaux il n'y a, d'une part, que le tungstène, le chrome, le columbium et le molybdène, et de l'autre, que l'étain et l'antimoine qui soient dans ce cas; et comme ces métaux sont précisément ceux qui se rapprochent le plus des gazolytes, on peut regarder ce caractère comme s'accordant assez bien avec l'ordre naturel des corps simples. Il est cependant peu propre à fournir des divisions générales, tant à cause des deux exceptions dont je viens de parler, que parce qu'il est difficile de déterminer avec précision la limite qui sépare les composés acides de ceux qui ne le sont pas. On n'en doit pas moins le considérer comme un bon caractère du troisième ordre.

Sans cette difficulté, on pourrait regarder comme un des caractères les plus importans celui que M. Gay-Lussac a pris pour établir sa première division des corps simples, la propriété de former des acides avec d'autres corps de la même classe. Ce caractère ainsi défini, ne présentant plus les anomalies remarquées tout à l'heure à l'égard de l'hydrogène et du tellure, pourrait être considéré comme du premier ordre. Mais, en acquérant par là plus de généralité, il laisse encore plus d'indécision sur la limite qu'il établirait entre les deux classes des corps simples, parce qu'il réunirait à la première non-seulement les métaux acidifiables par l'oxigène, mais ceux qui le sont par le chlore. Alors la classe où il faudrait placer, par exemple, les métaux inaltérables à l'air, à quelque température qu'on les y expose, dépendrait de l'opinion qu'on adopterait sur la nature des dissolutions de leurs chlorures dans l'eau : tous ces chlorures sont

très-solubles, ce qui est une différence remarquable à ajouter à celles que j'ai indiquées plus haut comme tendant à en séparer l'argent, qu'on a regardé long-temps comme s'en rapprochant beaucoup ; si leur peu d'affinité pour l'oxigène semblait trop opposée à l'idée que leurs chlorures décomposent l'eau (1) pour qu'on pût l'admettre, et que l'on considérât en conséquence ces dissolutions non comme des sels, mais comme de simples acides, il faudrait ranger les métaux dont nous parlons avec les autres corps acidifiables, et, en général, la question ne pourrait plus être résolue qu'après qu'on aurait reconnu quels sont les métaux dont les chlorures se dissolvent sans décomposer l'eau, et ceux qui la décomposent et se transforment en hydrochlorates ; travail qui contribuerait beaucoup aux progrès de la chimie, mais à l'égard duquel on ne possède encore qu'un petit nombre de données. (*Voyez*, dans les *Annales de Chimie*, deux notes sur ce sujet ; l'une de M. Gay-Lussac, tom. XCI, p. 121 ; l'autre de M. Chevreul, tom. XCV, p. 307.)

2°. La propriété de former avec l'oxigène des combinaisons indécomposables par le carbone. On n'observe ce caractère que dans trois genres ; celui où l'on doit ranger deux corps distincts de tous les autres par des propriétés

---

(1) Un passage d'un Mémoire de sir H. Davy sur l'eau régale, plein de vues importantes, et inséré dans le troisième cahier des *Annales de Chimie et de Physique* (*Mars* 1816), m'apprend que cette opinion est conforme à celle de ce grand chimiste. « L'eau régale, dit-il, n'oxide pas l'or et le platine, « mais détermine uniquement leur combinaison avec le chlore ; « ils ne sont que des mélanges et non des combinaisons chi- « miques de nitrates et de *composés de chlore*. »

qui leur appartiennent exclusivement, et entre lesquels j'ai déjà fait remarquer la plus grande analogie, le bore et le silicium; celui qui comprend les métaux dont les oxides portaient le nom de *terres* dans la nomenclature dont on s'est servi jusqu'à la découverte de la nature métallique de ces substances ; et celui des métaux dont les oxides étaient appelés *terres alkalines* dans la même nomenclature. Une observation qui montre qu'il n'est pas aussi constant qu'on pourrait d'abord le croire, est celle de la décomposition de la soude et de la potasse par le carbone, malgré l'extrême analogie du potassium et du sodium avec les radicaux métalliques des terres alcalines.

3°. Enfin, la propriété de former avec l'oxigène des combinaisons décomposables par le chlore. On sait que la plupart des métaux sont dans ce cas, tandis que presque tous les gazolytes sont dans le cas contraire, et forment avec le chlore des combinaisons qui sont au contraire décomposables par l'oxigène; mais l'hydrogène fait exception à cette dernière loi, et on ne sait pas s'il en est de même du tellure, l'expérience n'ayant pas même été tentée. A l'égard de la première loi, elle a été donnée comme générale, quoiqu'il s'en faille de beaucoup qu'elle le soit. Outre les oxides de zirconium, d'aluminium, de glucynium et d'yttrium que le chlore ne décompose pas, il paraît que les peroxides de plusieurs autres métaux sont aussi inattaquables par le chlore. On manque absolument d'expériences sur ce point, et il en est peu cependant qui me semblent offrir plus d'intérêt. Quelques essais paraissent prouver que le chlore ne décompose point le peroxide de fer ; pourquoi n'en serait-il pas de même de plusieurs autres combinaisons de l'oxigène avec des mé

taux, surtout avec ceux qui sont à la fois infusibles et acidifiables, et avec le titane et quelques autres.

Si ces expériences sont faites un jour, elles fourniront de bons caractères pour classer les corps simples ; on en pourra aussi tirer de la décomposition par l'iode de quelques oxides, quoique le nombre de ceux qui peuvent être décomposés par ce moyen, sans pouvoir l'être par la chaleur seule, paraisse très-borné d'après les résultats obtenus par M. Gay-Lussac.

Au reste, il ne faut pas s'imaginer que l'emploi de nouveaux caractères apporte de grands changemens dans la classification naturelle des corps simples ; il est bien plus probable qu'à quelques exceptions près, résultant de l'impossibilité d'arriver, dans l'état actuel de la chimie, à une classification absolument parfaite, ces nouveaux caractères ne feront, en général, que confirmer l'ordre établi entre les substances simples d'après l'ensemble des propriétés que nous connaissons, ainsi qu'il est arrivé à l'égard des nouveaux caractères qu'on a reconnus dans les plantes depuis la découverte des familles naturelles. C'est même par là qu'on pourra juger jusqu'à quel point cet ordre est réellement conforme aux véritables analogies des corps simples. A l'égard des caractères du quatrième ordre, qu'on ne doit point faire concourir à la détermination des genres, parce qu'ils sont trop peu constans, je pourrais me dispenser d'en parler dans un travail qui n'a pour objet que de parvenir à cette détermination. Je crois cependant devoir remarquer que plusieurs propriétés dont on s'est servi dans plusieurs ouvrages justement célèbres pour classer les métaux, ne peuvent fournir que des caractères de cet ordre, et conduire par con-

séquent à une classification purement artificielle : telles sont la malléabilité, la propriété de décomposer l'eau, et celle d'être oxidables à l'air à une température déterminée, et réductibles par la seule action du calorique à une température plus élevée. On remarque, en effet, des analogies aussi nombreuses que parfaitement caractérisées entre des métaux malléables et décomposant l'eau, et d'autres qui sont privés de ces deux propriétés, l'étain et l'antimoine, par exemple, dans la première série, le fer et le cobalt dans la seconde, etc. A l'égard du dernier caractère, il réunit le double inconvénient de rapprocher des corps qui diffèrent par presque toutes les autres propriétés, comme le nickel et le plomb, ou le mercure et l'osmium, et de présenter la plus grande difficulté lorsqu'on veut déterminer avec certitude les métaux auxquels il appartient, puisqu'il n'est pas sûr que les deux premiers des quatre corps que nous venons de citer offrent en effet cette propriété, et que, d'un autre côté, on ne peut guère, d'après l'observation déjà citée de M. Vauquelin, la refuser à l'argent, quoiqu'on ne le compte pas ordinairement parmi les métaux qui en jouissent. Il est aisé de conclure de ces diverses observations que la nature des combinaisons que l'oxigène forme avec les divers corps simples fournit des caractères plus ou moins importans, qui peuvent servir dans beaucoup de cas, pour les réunir ou les séparer conformément à leurs analogies naturelles ; mais que toute classification fondée uniquement sur cette seule sorte de caractère est nécessairement artificielle, et ne peut être pour la chimie que ce que le système de Linné a été pour la botanique. On a abandonné la méthode de ce grand naturaliste sans

que sa gloire en ait souffert, parce qu'avec cet instrument imparfait il a fait faire à l'histoire naturelle des végétaux plus de progrès qu'aucun de ses prédécesseurs. On pourrait comparer, à plusieurs égards, ses travaux à ceux des chimistes qui ont récemment perfectionné la classification artificielle des corps simples ; leurs méthodes auront puissamment contribué aux progrès de la science dont ils se sont occupés, en disposant tous les faits dans un ordre qui en facilitât l'étude, en conduisant même par là à en découvrir de nouveaux ; mais la marche irrésistible des sciences vers leur véritable but, la connaissance la plus complète possible des lois de la nature, amènera nécessairement l'adoption d'une classification naturelle dans la chimie, comme elle l'a amenée dans les autres branches des sciences physiques.

(La suite à un des Numéros prochains.)

Sur les Combinaisons de l'Azote avec l'Oxigène.

Lu à l'Académie des Sciences le 13 mai 1816.

PAR M. GAY-LUSSAC.

J'AI déjà publié dans le Recueil de la Société d'Arcueil, vol. II, p. 215 et 235, des observations sur les combinaisons de l'oxigène avec l'azote et le gaz nitreux. Guidé principalement par les analyses de M. Davy et par la loi des combinaisons gazeuses, j'avais essayé de fixer les proportions de l'oxide d'azote, du gaz nitreux, de l'acide nitrique et de la vapeur nitreuse, plus exactement qu'on

ne l'avait fait jusqu'alors. En réduisant en volume les proportions en poids de l'acide nitrique, données par M. Davy, j'avais trouvé que cet acide est composé de 100 parties d'azote et de 200 d'oxigène; et comme j'avais reconnu que le gaz nitreux renferme des volumes égaux de ces deux gaz, j'avais conclu que l'acide qui se produit par l'absorption de 100 parties d'oxigène et 200 de gaz nitreux était de l'acide nitrique; et, par suite, que celui qui se produit par la combinaison de 100 parties d'oxigène avec 300 de gaz nitreux était la vapeur nitreuse ou l'acide nitreux. Mais ces résultats ne son point exacts, et ils ont été critiqués par M. Dalton, qui, à son tour, a cru assigner les véritables proportions des acides nitreux et nitrique (*New System of Chemistry*, part. II, p. 555). M. Davy s'est aussi occupé de nouveau des combinaisons nitreuses; et, avant de rapporter mes observations, il ne sera pas inutile de faire connaître l'opinion des deux célèbres physiciens anglais.

M. Dalton admet trois acides formés par le gaz nitreux et l'oxigène:

1°. L'acide nitrique ordinaire formé, suivant lui, de 100 parties de gaz oxigène et de 180 de gaz nitreux;

2°. L'acide nitreux formé du double de gaz nitreux, ou de 360 parties;

3°. Un acide nouveau contenant plus d'oxigène que l'acide nitrique, qu'il désigne par le nom d'*acide oxinitrique,* et qui résulte de la combinaison de 100 parties de gaz oxigène avec 130 de gaz nitreux. (Même ouvrage, p. 364.)

Selon M. Davy, il n'y a que deux acides formés par l'azote et l'oxigène. Il est porté à croire que « l'acide ob-

« tenu sur l'eau par la condensation des mélanges du gaz « nitreux et de l'oxigène n'est jamais entièrement saturé « d'oxigène, et que le fluide pâle, appelé *acide nitri-* « *que*, résulte de la combinaison de l'eau avec 100 par- « ties d'oxigène et 133 de gaz nitreux. » (*Elements of Chem. philosophy*, vol. 1er, p. 261.) D'après des expériences qu'il a faites dans des ballons de verre, sans le contact de l'eau, il regarde l'acide nitreux comme composé de 100 parties d'oxigène et 200 de gaz nitreux, condensées environ de moitié; et il assure n'avoir jamais pu obtenir un acide nitreux liquide, fortement coloré, contenant plus de 200 parties de gaz nitreux contre 100 d'oxigène, quoique j'aie avancé le contraire (page 26). Ce résultat est évidemment en contradiction avec celui qu'il annonce à la page 261, que le gaz oxigène peut absorber de deux à trois fois son volume de gaz nitreux; mais je ne discuterai pas dans ce moment les opinions de MM. Dalton et Davy; je présenterai d'abord quelques observations détachées, et j'examinerai ensuite les combinaisons du gaz oxigène avec le gaz nitreux.

On obtient ordinairement l'acide nitrique à son maximum de densité en décomposant le nitre fondu par l'acide sulfurique concentré; mais on peut l'obtenir encore par le moyen suivant : J'ai distillé un mélange de quatre parties d'acide sulfurique et de une d'acide nitrique, dont la densité était 1,3032 à la température de 15°, et le liquide que j'ai recueilli avait une densité égale à 1,499; ce dernier, distillé de nouveau avec la même proportion d'acide sulfurique, a acquis celle de 1,510 à la température de 18°, qui est la plus grande que l'on connaisse à l'acide nitrique.

Dans cet état de concentration, l'acide nitrique se décompose à la lumière, ou même par la chaleur, avec une extrême facilité : si on l'étend d'une certaine quantité d'eau, la lumière ne lui fait plus éprouver aucune altération; mais la chaleur, pourvu qu'elle soit suffisamment élevée, le décompose toujours. J'ai exposé au soleil, pendant un mois, de l'acide nitrique dont la densité était 1,3235, et il n'a subi aucun changement : ce même acide est devenu vert en le saturant de gaz nitreux. Un autre acide, dont la densité était 1,4071, s'est décomposé promptement au soleil et est devenu jaune. En général, il n'y a que l'acide nitrique, pouvant devenir jaune en se combinant avec le gaz nitreux, qui se décompose à la lumière; mais les acides les plus faibles peuvent éprouver la même altération lorsqu'on les mêle avec une certaine quantité d'acide sulfurique concentré.

On sait qu'en ajoutant de l'eau à de l'acide nitreux jaune, on le fait passer au vert, puis au bleu, et qu'enfin il devient incolore. Je me suis assuré qu'on peut le ramener du bleu au vert et du vert au jaune par l'addition de l'acide sulfurique ou de l'acide nitrique concentrés.

L'action d'une forte dissolution de potasse sur le gaz nitreux m'a présenté un effet très-remarquable. Ayant mis ces deux corps en contact sur le mercure, j'ai trouvé, au bout de trois mois, que le gaz nitreux était changé en oxide d'azote, et que la potasse avait formé des cristaux irréguliers, qui, à ce qu'il m'a paru, contenaient de l'acide nitreux. 100 parties de gaz nitreux ont laissé 25 parties d'oxide d'azote; ce qui prouverait que l'acide nitreux formé était composé de 100 parties d'azote et de 150 d'oxigène.

Le gaz nitreux et le gaz ammoniacal agissent aussi l'un sur l'autre à une température ordinaire. Au bout d'un mois le mélange, qui avait été formé de parties égales de chaque gaz, était à peu près réduit à la moitié de son volume, mais il n'était pas entièrement décomposé. Il y avait beaucoup d'azote, et je présume qu'il s'était produit de l'oxide d'azote, car j'en ai obtenu en laissant du gaz nitreux sur l'ammoniaque dissoute dans l'eau.

Quoiqu'on trouve dans plusieurs ouvrages de chimie que le gaz nitreux n'est point décomposé par la chaleur, je me suis déterminé à refaire l'expérience, parce qu'il me paraissait extraordinaire qu'étant décomposé par l'électricité, il ne le fût pas par la chaleur. Ayant mis 15^{g} de fil de platine dans un tube de verre dévitrifié, j'ai porté la température jusqu'au rouge, et j'ai fait passer dans le tube un courant de gaz nitreux dégagé de l'acide nitrique faible au moyen du cuivre. Le gaz est sorti rutilant, a diminué de volume par l'eau, et a attaqué le mercure sur lequel il était reçu. Dépouillé de gaz acide nitreux par son agitation avec le mercure, il a laissé $\frac{2}{5}$ de son volume de gaz azote. Après avoir été lavé avec une dissolution de sulfate de fer, le platine n'a reçu aucune augmentation de poids; je l'avais employé dans l'intention seulement de favoriser la décomposition du gaz nitreux par la chaleur.

D'après l'analyse du gaz nitreux par le potassium que nous avions faite, M. Thénard et moi, je l'avais regardé comme composé de volumes égaux d'azote et d'oxigène, sans condensation. M. Davy a obtenu le même résultat par des moyens très-différens; et il est encore confirmé par de nouvelles expériences que je viens de faire. Ayant chauffé 100 parties de gaz nitreux avec du sulfure de ba-

ryte dans une petite cloche courbe de verre, j'ai obtenu un résidu de 50,2 d'azote; dans une seconde expérience, le résidu a été de 49,5, et dans une troisième, où j'avais substitué l'étain au sulfure, seulement de 48,8. La moyenne de ces trois résultats est 49,5, et comme elle diffère peu de 50, j'admettrai que le gaz nitreux est composé de volumes égaux d'azote et d'oxigène, sans condensation; car sa densité, calculée d'après cette supposition, est rigoureusement d'accord avec celle que l'on trouve par l'expérience. Le sulfure de potasse, que j'ai essayé d'employer de la même manière que celui de baryte, m'a donné une quantité d'azote faisant à peine les deux cinquièmes du volume du gaz nitreux, et évidemment beaucoup trop faible.

Je viens maintenant aux combinaisons du gaz nitreux avec l'oxigène : elles semblent varier d'après les plus légères circonstances; mais je vais prouver qu'il en existe trois bien distinctes, qui, par leur mélange, peuvent expliquer toutes celles qui ne sont point en proportions définies.

Quand on fait sur l'eau un mélange de gaz nitreux et d'oxigène, l'absorption varie selon le diamètre du tube, la rapidité du mélange, et selon que l'un des gaz est introduit, avant ou après l'autre, dans le tube. Voulant opérer sur le mercure, en employant néanmoins l'eau pour absorber l'acide formé, mais craignant que le mercure ne fût attaqué, j'ai ajouté de la potasse à l'eau, et alors j'ai obtenu des absorptions constantes, indépendantes des circonstances dont je viens de parler. J'ai fait un très-grand nombre d'expériences, et j'en ai conclu que 100 parties d'oxigène en absorbent 400 de gaz nitreux :

les absorptions, pourvu que la dissolution de potasse soit concentrée, sont presque toutes comprises entre 495 et 505, et sont rarement au-dessous de 490. Cette combinaison d'oxigène et de gaz nitreux, qui n'avait pas *été* distinguée, au moins que je sache, et que je désignerai provisoirement par le nom d'*acide pernitreux*, ne peut être obtenue isolée : aussitôt qu'on sature la potasse avec un acide, il se dégage du gaz nitreux, et il se produit de l'acide nitreux ordinaire qui reste en dissolution dans l'eau. En réduisant le gaz nitreux en ses élémens, on trouve que la proportion de 100 d'oxigène à 400 de gaz nitreux, revient à celle de :

Azote, 100,
Oxigène, 150.

Ce résultat est bien différent, comme on voit, de ceux obtenus en employant l'eau seule, et il détruit l'assertion de M. Davy, que « quelque base paraît nécessaire pour « l'union de 100 parties d'oxigène avec 133 de gaz ni- « treux, telle que l'eau, les alcalis ou les oxides..., et que « lorsqu'on fait passer du gaz acide nitreux dans des dis- « solutions alcalines, il se dégage toujours une portion « de gaz nitreux. » (*Elements, etc.*, p. 263.)

Dans le grand nombre de mélanges que j'ai faits sur l'eau avec l'oxigène et le gaz nitreux, j'ai obtenu des absorptions très-variées, comprises entre 134 et 365 de gaz nitreux pour 100 d'oxigène, c'est-à-dire à peu près entre les limites que fixe M. Dalton : cependant, dans des circonstances particulières, j'ai obtenu fréquemment une absorption de gaz nitreux égale à 200 ou en différant très-peu. Ce mode d'opérer étant évidemment défectueux, j'ai donné le gaz acide nitreux sans la présence de l'eau

ou de tout corps qui, en absorbant l'acide, aurait pu altérer les résultats. Mon appareil est formé d'une petite boule réunie avec un tube gradué au moyen d'un tube capillaire de 6 centimètres de longueur, divisé en deux parties égales par un robinet. Plusieurs précautions sont indispensables pour faire l'expérience avec netteté; mais il serait difficile de les indiquer sans figure, et d'ailleurs elles peuvent se présenter aisément aux chimistes exercés. Voici la manière de procéder.

Sachant que la petite boule contient 170 parties du tube gradué, j'y introduis, après y avoir fait le vide, 160 parties de gaz nitreux; je mets ensuite dans le tube un volume déterminé d'oxigène, par exemple, 200 parties, et ayant ouvert le robinet, je trouve qu'il en est entré 158 dans la boule. Celle-ci a donc reçu 160 + 158 = 318 de gaz; mais sa capacité n'étant que de 170, il faut qu'il ait disparu un volume gazeux égal à 318—170, ou à 148. En opérant ainsi et en prenant la moyenne de plusieurs résultats, j'ai trouvé que, pour 100 parties de gaz nitreux, la contraction est de 94.

On ne peut conclure de cette expérience la quantité d'oxigène qui s'est combinée avec le gaz nitreux; mais, si on en fait une autre dans laquelle tout l'oxigène disparaîtra, parce qu'on aura mis le gaz nitreux en excès, et si l'on observe la contraction, on connaîtra le rapport dans lequel l'oxigène et le gaz nitreux se sont combinés dans chaque expérience, en admettant que c'est le même produit qui s'est formé, et en ramenant par conséquent les contractions à être les mêmes de part et d'autre. Par exemple, j'ai trouvé qu'en employant 100 parties d'oxi-

gène et un excès de gaz nitreux, la contraction était de 192. Or, dans la première expérience, une contraction de 94 correspondant à 100 parties de gaz nitreux, dans la seconde, une contraction de 192 doit correspondre à 204 parties du même gaz. D'après cela, 100 parties de gaz oxigène se sont combinées avec 204 de gaz nitreux, ou, en nombre rond, avec 200; et je fixe la contraction à 200 au lieu de 192, c'est-à-dire que je la fais égale au volume du gaz nitreux ou au double de celui de l'oxigène.

J'ai fait la supposition que c'est le même produit qui se forme en mettant alternativement l'un des gaz en excès par rapport à l'autre, et je crois qu'elle est exacte. Le gaz acide nitreux formé par le moyen de la potasse ne peut exister isolé; et de plus, en faisant varier beaucoup les proportions des deux gaz, j'ai obtenu constamment la même contraction.

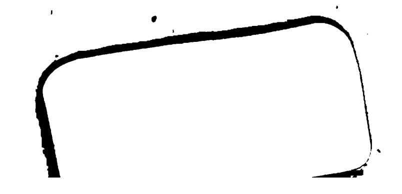
M. Davy dit que lorsqu'on introduit dans un vaisseau préalablement vide d'air un mélange de 2 parties de gaz nitreux et une d'oxigène, il se condense environ de moitié, et forme un fluide élastique que l'on peut appeler *gaz acide nitreux*. (V. *Elements*, *etc.*, p. 262.) Ce résultat coïncide avec celui que j'ai obtenu, en ce qui concerne la proportion dans laquelle le gaz nitreux et le gaz oxigène se combinent; mais il s'en éloigne beaucoup relativement à leur contraction; et comme la combinaison et la contraction des deux gaz sont des opérations concomitantes, l'une ne peut pas être déterminée exactement sans l'autre. La proportion de 2 à 1 ne saurait donc être vraie dans l'expérience de M. Davy, si la contraction des deux gaz, au lieu d'être la moitié de leur volume, en est réellement les deux tiers.

La proportion de 100 d'oxigène à 200 de gaz nitreux revient à celle de :

Azote, 100,
Oxigène, 200.

Par conséquent l'acide formé avec ces proportions n'est pas saturé d'oxigène de même que le précédent; et nous verrons bientôt comment on doit les considérer l'un et l'autre. En attendant, je lui conserverai le nom d'*acide nitreux* ou de *vapeur nitreuse*, par lequel on le désigne ordinairement.

Il nous reste maintenant à considérer l'acide nitrique et à reconnaître par quelle proportion d'oxigène et de gaz nitrenx il doit être représenté. M. Dalton admet celle de 100 à 180, et il regarde l'acide formé dans des tubes de 5 millimètres de diamètre, par l'absorption de 100 parties de gaz oxigène et 130 de gaz nitreux, comme étant un acide nitrique *oxigéné*. M. Davy, plutôt d'après le calcul que d'après l'expérience, considère l'acide nitrique comme formé de 100 parties d'oxigène et de 133 de gaz nitreux; et en effet cette proportion revient à celle de 100 d'azote à 250 d'oxigène, que les chimistes paraissent adopter aujourd'hui. J'ai d'abord opéré, comme M. Dalton, dans des tubes de 5 millimètres de diamètre, en employant un excès d'oxigène, et j'ai obtenu à peu près les résultats qu'il indique, savoir une absorption de 134 à 136 parties de gaz nitreux pour 100 d'oxigène; mais j'ai de plus reconnu qu'on peut employer des tubes d'un diamètre double, pourvu que l'on n'agite point l'eau et qu'on attende quelques minutes. L'absorption obtenue par M. Dalton étant seulement de 130, j'adopterai celle de 133, qui a aussi été adoptée par M. Davy, et il ne s'a-



gira plus que de reconnaître à quel acide elle appartient. Le sulfate rouge de manganèse, dont j'ai déjà recommandé l'usage comme réactif pour s'assurer quand un corps est saturé d'oxigène, remplira parfaitement notre objet, car il est décoloré à l'instant par l'acide nitreux, et il ne l'est point par l'acide nitrique.

J'ai commencé par produire une absorption de 180 parties de gaz nitreux et de 100 d'oxigène, et j'ai trouvé que l'acide formé, qui, d'après M. Dalton, doit être de l'acide nitrique, décolorait promptement le sulfate rouge de manganèse. Ce sel a encore été décoloré lorsque l'absorption du gaz nitreux a été de 160, de 150 et même de 138; mais il ne l'a pas été dans l'expérience dans laquelle il n'y a eu que 134 parties de gaz nitreux absorbées. Il est donc démontré que l'acide nitrique oxigéné de M. Dalton n'est que l'acide nitrique ordinaire, et qu'il est formé par la proportion de 100 de gaz oxigène à 133 de gaz nitreux, qui revient à celle de :

Azote, 100;
Oxigène, 250.

En réunissant sous un même point de vue les diverses combinaisons de l'azote avec l'oxigène, on a les proportions suivantes en volume :

Oxide d'azote,	azote 100,	oxigène 50;
Gaz nitreux,	100,	100;
Acide pernitreux,	100,	150;
Acide nitreux,	100,	200;
Acide nitrique,	100,	250.

Je suppose que les trois combinaisons acides dont l'existence vient d'être constatée peuvent expliquer les

diverses absorptions que l'on observe entre le gaz nitreux et le gaz oxigène ; il serait possible qu'il en existât d'autres, mais il sera bien difficile de le démontrer.

Ayant déterminé les proportions des combinaisons acides de l'azote avec l'oxigène, j'ai cherché à les vérifier en décomposant par la chaleur un nitrate qui ne donnât que du gaz acide nitreux et de l'oxigène. Celui de plomb m'avait paru devoir remplir parfaitement cet objet, car il se décompose très-facilement en donnant des vapeurs rouges très-épaisses; et de plus, d'après M. Berzélius, il ne contient pas d'eau. (*Ann. de Chim.*, vol. LXXX, p. 174.)

J'ai donc desséché du nitrate de plomb réduit en poudre très-fine, jusqu'au point de le décomposer, et je l'ai mis dans une cornue de verre, au bec de laquelle étaient adaptés, les uns à la suite des autres, plusieurs tubes étroits vers leurs extrémités, mais renflés dans leur milieu. Ces tubes, étant pleins de vapeur nitreuse, devaient être enlevés, puis plongés dans l'eau, pour connaître, par l'absorption qui aurait eu lieu, la quantité de vapeur mêlée avec l'oxigène, et j'aurais vu par là si les proportions que je lui ai assignées étaient d'accord avec celles de l'acide nitrique. Mais à peine la décomposition du nitrate a-t-elle été commencée, qu'il s'est rassemblé dans les tubes un liquide très-acide d'un jaune orangé très-foncé. De nouveaux tubes substitués aux premiers m'ont encore présenté du liquide acide; et comme il s'en est dégagé jusqu'à l'entière décomposition du sel, il n'était plus possible de parvenir au but que je m'étais proposé : je me suis seulement assuré que mes tubes, plongés dans l'eau avant qu'il s'y fût condensé une quantité notable de liquide, contenaient un mélange de gaz

acide nitreux et d'oxigène à peu près dans le rapport de 3 à 1. La température était de 15°.

Voulant examiner le liquide acide, j'ai décomposé une nouvelle portion de nitrate de plomb, et j'ai fait passer les fluides élastiques dans un petit récipient entouré d'un mélange de glace et de sel. J'ai obtenu beaucoup de liquide, et les gaz qui ne se sont point condensés étaient peu colorés et renfermaient 9 parties d'oxigène sur une de vapeur nitreuse. Le liquide occupait environ le quart du volume du sel employé; il bout à peu près à 26° et se répand dans l'air en fumées rouges très-épaisses. Les chimistes le prendraient pour de l'acide nitreux le plus concentré et le plus pur qu'on ait sans doute jamais obtenu; mais c'est de l'acide pernitreux dont la formation a été déterminée par le concours de l'eau. Quand on en verse quelques gouttes dans ce liquide, il s'en dégage une quantité considérable de gaz nitreux, et l'eau se colore successivement en bleu, en vert ou en jaune, selon son rapport avec l'acide. Le dégagement du gaz nitreux n'est pas le même pour des quantités égales du liquide jaune qu'on ajoute successivement à la même quantité d'eau : il est le plus abondant pour la première portion, et il est nul pour la dernière, lorsque l'eau a pris une couleur d'un jaune orangé foncé. D'après cela, il est clair que si l'on fait passer un courant de gaz acide nitreux dans de l'eau, les premières portions s'y dissoudront sans se décomposer, mais que les suivantes abandonneront une quantité d'oxigène proportionnellement croissante. Ainsi l'eau, de même que l'alkali, a la propriété de favoriser la combinaison d'une grande proportion de gaz nitreux avec l'oxigène, pourvu qu'elle soit en quan-

tité telle qu'elle puisse être entièrement saturée de vapeur nitreuse. Je suis porté à croire que l'acide liquide très-concentré ne renferme que la combinaison de 100 d'oxigène avec 400 de gaz nitreux; mais l'acide nitreux ordinaire est un mélange des deux acides nitreux et souvent d'acide nitrique: c'est au moins la manière la plus vraisemblable d'envisager sa nature.

Le sous-nitrate de cuivre retient aussi de l'eau, et il en est sans doute de même de beaucoup d'autres nitrates. Celui de baryte qui a été fondu n'en contient pas sensiblement; mais la chaleur décompose complètement une portion de son acide, et les fluides élastiques qui se dégagent contiennent à peine un dixième de vapeur nitreuse. Il est bien remarquable que le nitrate de plomb contienne une aussi grande quantité d'eau, et il ne l'est pas moins que M. Berzélius ait trouvé, en le décomposant par le feu, que le rapport de l'oxigène de l'oxide à celui de l'acide est précisément le même que le rapport semblable qu'offre le nitrate de baryte. (*Ann. de Chim.*, vol. LXXX, p. 174.)

L'acide pernitreux, obtenu en décomposant le nitrate de plomb par la chaleur, se combine avec l'acide sulfurique concentré ou même un peu délayé; si la température est peu élevée, on obtient des cristaux en prismes quadrilatères allongés, qui sont assez volumineux. Ces cristaux, et même le liquide dans lequel ils se sont formés, donnent du gaz nitreux quand on les met dans l'eau, mais en moindre quantité que l'acide pernitreux, à cause de l'affinité de l'acide sulfurique pour ce dernier. On obtient un composé tout-à-fait semblable à celui que je viens de décrire en faisant passer un courant de vapeur

nitreuse dans l'acide sulfurique concentré : par conséquent la potasse, l'eau et l'acide sulfurique ont la propriété de déterminer la combinaison d'une grande proportion de gaz nitreux avec l'oxigène, et même de décomposer le gaz acide nitreux.

La substance solide et cristalline qui se forme dans l'expérience de MM. Desormes et Clément, en mêlant ensemble de l'oxigène, du gaz sulfureux, du gaz nitreux et de la vapeur d'eau, est précisément la même que le composé d'acide pernitreux et d'acide sulfurique : on l'a regardée jusqu'à présent comme formée de ce dernier acide et de gaz nitreux ; mais voici comment je me suis assuré que sa nature est telle que je viens de l'annoncer :

1°. L'acide sulfurique concentré n'absorbe pas sensiblement le gaz nitreux ;

2°. La substance de MM. Clément et Desormes présente fréquemment les mêmes apparences, les mêmes formes cristallines, que le composé d'acide sulfurique et d'acide pernitreux ;

3°. Les deux composés se comportent avec l'eau de la même manière ;

4°. Si, après avoir mis chacun d'eux dans un ballon, on en expulse tout l'air au moyen du gaz carbonique, et qu'alors on y ajoute un peu d'eau, l'intérieur du ballon deviendra rutilant ; ce qui prouvera évidemment le dégagement de la vapeur nitreuse.

L'eau, comme on sait, est essentielle à la formation du composé solide de MM. Desormes et Clément ; mais il me paraît probable qu'il en renferme moins qu'une quantité d'acide sulfurique isolée, égale à celle qui entre dans sa composition : ayant en effet fait passer beaucoup de

vapeur nitreuse dans de l'acide sulfurique concentré, tout le composé n'a pas pris l'état solide.

Les expériences que je viens de rapporter prouvent incontestablement l'existence de trois combinaisons formées par le gaz nitreux et l'oxigène, et il reste à examiner leurs propriétés acides et leurs rapports avec d'autres combinaisons.

Les propriétés de l'acide nitrique ne peuvent donner lieu à aucun doute : il sature parfaitement les bases alkalines, et il me paraît entièrement analogue aux acides chlorique, iodique, sulfurique, etc.

L'acide auquel j'ai donné le nom d'*acide pernitreux*, et qui est formé de 100 parties d'oxigène et de 400 de gaz nitreux, ou de 100 parties d'azote et de 150 d'oxigène, a aussi la propriété de se combiner avec les alkalis et de produire des composés très-remarquables.

Quant à la vapeur nitreuse, qui est formée de 100 parties d'azote et de 200 d'oxigène, elle se décompose avec une telle facilité par les alkalis et même par l'eau, qu'il est bien difficile de constater ses propriétés acides, quoique je sois persuadé qu'elles sont très-marquées. Elle se rapproche, par le rapport de ses élémens, de la combinaison formée par 100 parties de chlore et 200 d'oxigène; mais sa permanence est beaucoup plus grande, et cela doit être; car l'oxigène se rapproche beaucoup plus du chlore que l'azote de l'oxigène. C'est cette mobilité des élémens de la vapeur nitreuse qui empêche de reconnaître ses propriétés saturantes; mais, en y ayant égard, elle paraît se rapprocher beaucoup de l'acide sulfureux, et l'acide pernitreux de l'acide des sulfites sulfurés. L'acide pernitreux contient précisément deux fois plus de gaz

nitreux que la vapeur nitreuse, et l'acide des sulfites sulfurés contient aussi deux fois plus de soufre que l'acide sulfureux. Les sulfites sulfurés sont des sels permanens, et s'ils ne se forment pas immédiatement quand on combine l'acide sulfureux avec les bases, c'est à cause de l'affinité très-forte du soufre pour l'oxigène; mais si, au lieu de base, on emploie un métal très-oxidable qui s'empare de l'oxigène, alors on forme immédiatement les sulfites sulfurés; ce qui est analogue à la formation des nitrates et des pernitrites par l'action de l'acide nitreux sur les bases. Enfin l'acide pernitreux ne peut être obtenu isolé, et il en est de même de l'acide des sulfites sulfurés. Il me paraîtrait convenable de désigner ce dernier acide par le nom d'*acide persulfureux ;* mais je ne propose cette dénomination et celle d'*acide pernitreux* que provisoirement; car, avant de les adopter, il est indispensable que les chimistes aient fixé leur opinion sur la nature des composés auxquels je les ai appliquées dans ce Mémoire.

La vapeur nitreuse, en se combinant avec la potasse, se décompose et produit du nitrate et du pernitrite. Les phénomènes qui ont lieu dans cette décomposition auraient la plus grande analogie avec ceux que présente l'action de l'euchlorine sur une dissolution de potasse, si ce n'était la vapeur nitreuse elle-même qui, en se décomposant, donne lieu à la formation de l'acide nitrique et de l'acide pernitreux : néanmoins ils offrent un nouveau rapprochement entre l'azote et le chlore.

De la Relation qui existe entre la Pesanteur spécifique des Corps dans leur état gazeux, et les poids de leurs atomes (1).

L'auteur de cet Essai le soumet au public avec la plus grande défiance; il ne s'est même décidé à le mettre au jour que parce qu'il pense que les travaux dont l'objet sera de confirmer ou de renverser les propositions qu'il avance, ne pourront manquer de faire faire à la science des progrès importans.

L'auteur commence par faire quelques corrections aux résultats généralement admis sur les densités des gaz simples. Voici ses propres expressions :

« Les chimistes ne paraissent pas avoir considéré l'air atmosphérique comme une combinaison chimique, ou du moins on n'a fait aucune attention à la possibilité de son existence. Cependant on sait depuis long-temps qu'il est composé de quatre volumes d'azote et d'un volume d'oxigène. Si l'on représente l'atome d'oxigène par 10, l'atome d'azote sera 17,5, et l'air se trouvera formé d'un atome d'oxigène et de deux atomes d'azote ; ou sur 100 parties en poids, de 22,22 d'oxigène et de 77,77 d'azote. Ainsi l'air doit être considéré comme une combinaison chimique; et, en vérité, il n'y a que cette supposition qui puisse expliquer l'uniformité de composition qu'on a observée dans l'atmosphère sur tous les points du globe.

(1) Ce Mémoire anonyme est extrait des *Ann. of philos. by* dr. Thomson. Novembre 1815, et février 1816.

D'après ces données, on trouve que la densité de l'air étant prise pour unité,

Celle de l'oxigène=1,1111,
Et celle de l'azote=0,9722.

« 2°. *L'Hydrogène.* L'hydrogène, à cause de sa légèreté et de la tenacité avec laquelle il retient l'eau, présente de grandes difficultés dans la détermination de sa pesanteur spécifique. Ces obstacles m'ont fait désespérer, en mon particulier, de parvenir à un résultat plus sûr que celui que l'on a obtenu par le procédé ordinaire. J'ai cru qu'on pourrait obtenir plus d'exactitude en la déduisant, par le calcul, de celle d'un composé plus dense dans lequel l'hydrogène entrerait en proportion connue. Le gaz ammoniac m'a paru le plus propre à remplir cet objet, parce que sa pesanteur spécifique a été déterminée avec un grand soin par sir H. Davy, et que la chance de l'erreur est fort diminuée par la faible différence qui se trouve entre sa pesanteur spécifique et celle de la vapeur d'eau. De plus, MM. Biot et Arago ont obtenu, presque rigoureusement, le même résultat que sir H. Davy. La pesanteur spécifique du gaz ammoniac est, d'après ce dernier, de 0,5902. Or, d'après la composition connue de l'ammoniaque, on trouve que la densité de l'hydrogène est 0,0694.

« 3°. *Le Chlore.* La pesanteur spécifique du gaz acide muriatique, suivant les expériences de sir H. Davy, qui coïncident exactement avec celles de MM. Biot et Arago, est 1,278. Mais si nous supposons que cette pesanteur spécifique puisse être affectée d'une erreur proporionnelle à celle que nous avons trouvée ci-dessus pour la pesanteur

spécifique de l'oxigène et de l'azote, ce qui, sans donner une exactitude rigoureuse, peut cependant être regardé comme une approximation suffisante, puisque les expériences ont été conduites de la même manière, la pesanteur spécifique de ce gaz approchera de 1,2845. D'où l'on déduit pour celle du chlore, 2,5. Le docteur Thomson dit avoir trouvé 2,483 ; et la détermination de M. Gay-Lussac (Mémoire sur l'iode, *Ann. de Ch.*, t. XCI) coïncide presque exactement avec celle-ci. »

En admettant les corrections ci-dessus dans la densité des gaz simples, on trouve qu'en prenant l'hydrogène pour unité, la densité de l'oxigène = 16, celle de l'azote = 14 et celle du chlore = 36, à un dix-millième près.

L'auteur fait connaître ensuite les nombres qu'il adopte pour les poids des atomes des substances élémentaires qui ne peuvent point être obtenues à l'état de gaz. Il fait, relativement à quelques-uns, des corrections très-légères, d'après des expériences qui lui sont propres. (*Voyez* plus bas le Tableau.) Il détermine ensuite, par le calcul, la pesanteur spécifique de ces corps supposés à l'état de gaz, d'après la considération suivante. On sait que l'hydrogène ne prend que la moitié de son volume d'oxigène et qu'il se combine avec un volume égal d'iode, par exemple ; or, connaissant le rapport des poids de l'atome d'iode et de l'atome d'oxigène, si l'on multiplie ce rapport par la densité de l'oxigène et que l'on prenne la moitié du produit, on aura, évidemment, la pesanteur spécifique de l'iode à l'état de gaz. — Ceci est incontestable, pour l'iode en particulier, puisqu'on peut le vérifier par l'observation de la pesanteur spécifique de l'acide hydriodique, ainsi que M. Gay-Lussac l'a prouvé. Mais

pour la plupart des autres corps fixes qui ne peuvent point former de combinaisons gazeuses, la détermination du poids de leurs atomes, et par conséquent de la densité de leur vapeur, est tout-à-fait arbitraire, surtout quand il existe plusieurs combinaisons entre l'oxigène et la même substance. Il est certain du moins que jusqu'à présent on n'a pas trouvé de moyen sûr et généralement applicable pour distinguer dans les combinaisons de l'oxigène, ou de tout autre corps, avec une série d'autres substances, les combinaisons qu'on peut appeler *correspondantes*, c'est-à-dire, dans lesquelles il y a le même rapport entre le nombre des atomes de l'un des élémens et celui des atomes de l'autre élément.

C'est en calculant ainsi la densité de toutes les substances élémentaires, supposées à l'état gazeux, que l'auteur arrive à ce résultat singulier : que les pesanteurs spécifiques de tous les corps à l'état de gaz, rapportées à l'hydrogène, peuvent être exprimées exactement par des nombres entiers, dont le plus élevé, qui est relatif à l'or, serait 200. La table suivante présente les résultats auxquels il ajoute le plus de confiance.

NOMS des SUBSTANCES.	PESANTEUR SPÉCIFIQUE, l'Hydrogène = 1.	POIDS D'UN ATOME, l'Oxigène = 10.
Hydrogène.	1	1,25
Carbone.	6	7,5
Azote.	14	17,5
Phosphore.	14	17,5
Oxigène.	16	10
Soufre.	16	20
Calcium.	20	25
Sodium.	24	30
Fer.	28	35
Zinc.	32	40
Chlore.	36	45
Potassium.	40	50
Barium.	70	87,5
Iode.	124	155.

« En considérant cette Table, on peut remarquer que « tous les nombres de la seconde colonne, qui expriment « la densité des gaz simples relativement à l'hydrogène, « sont divisibles par quatre, excepté ceux du carbone, de « l'azote et du barium, qui sont seulement divisibles par « deux, et paraissent indiquer par conséquent qu'ils sont « modifiés par un nombre plus élevé que celui de l'hydro- « gène. Serait-ce par cet autre nombre 16 (1), c'est-à- « dire par l'oxigène? et toutes les substances seraient- « elles composées de ces deux élémens? »

On trouve encore dans ce Mémoire une Table analogue à la précédente pour les autres substances élémentaires; mais les nombres qu'elle renferme sont présentés

(1) Ce passage, qui est traduit littéralement, renferme sans doute quelque faute d'impression ; car il est inintelligible en plusieurs endroits.

comme étant encore douteux. Nous nous dispenserons, pour cette raison, de la rapporter ici.

Nous ne rapporterons pas non plus les autres Tables qui sont jointes à ce Mémoire, et qui offrent les pesanteurs spécifiques, rapportées à l'hydrogène, soit des gaz composés, soit des combinaisons fixes supposées à l'état gazeux, puisque chacun peut les composer, d'après la méthode que nous avons fait connaître, en faisant usage des résultats contenus dans le Tableau ci-dessus.

Traité de Chimie élémentaire, Théorique et Pratique.

PAR M. L.-J. THENARD,

Membre de l'Académie royale des Sciences, professeur de Chimie au Collége royal de France.

Extrait par M. BERTHOLLET.

LA chimie a fait depuis quelques années de si grands progrès dans la détermination de la nature de plusieurs substances, dans le nombre de leurs combinaisons, dans les limites des proportions qui les forment, dans la fixation des propriétés physiques qui modifient leur action réciproque, dans l'application de toutes les connaissances aux arts utiles, que les ouvrages les plus accrédités ne pouvaient plus servir de guide à ceux qui professent et à ceux qui étudient une science qui est d'un si haut intérêt pour la curiosité philosophique et pour l'avantage social.

Il était bien à désirer qu'un homme distingué dans cette science par ses travaux, et engagé, par un heureux

enseignement, à se familiariser avec toutes les expériences, et à apprécier toutes les théories, se chargeât d'une tâche si difficile à remplir : c'est à M. Thenard que nous avons cette obligation.

Je ne me propose ni d'examiner les fondemens sur lesquels M. Thenard établit son ouvrage, ni de discuter les différens objets dont il est composé : la science n'est point encore assez définitivement affermie pour ne présenter que des vérités qui obtiennent l'assentiment général, et l'on doit s'attendre, dans une si vaste entreprise, à rencontrer quelques inexactitudes, quelques négligences ou quelques oublis dont la critique peut s'emparer ; je me bornerai à indiquer la marche qu'il a suivie.

La première partie de l'ouvrage est consacrée aux corps inorganiques ; mais elle commence par l'exposition des notions générales sur la nature des corps et sur la force qui unit leurs parties constituantes, et qui est le principe des combinaisons. Cette force réunit des parties similaires ou des parties de nature différente. Dans le premier cas, on la distingue par le nom de *cohésion*, et dans le second, par celui d'*affinité*. L'auteur indique les causes qui modifient celle-ci et les phénomènes qui accompagnent la combinaison : il s'arrête peu aux lois de l'affinité, parce que, pour en concevoir une idée exacte, il faut avoir une connaissance précise des faits sur lesquels on les établit, et il renvoie les développemens qu'elles exigent pour que la chimie ne soit pas un simple recueil d'observations incohérentes, aux parties de l'ouvrage où il doit exposer les faits eux-mêmes et leurs conséquences immédiates.

Il passe à l'examen des corps impondérables, et surtout du calorique, dont il considère le rayonnement et la propagation. Il est conduit par là à la dilatation des corps dans leurs différens états; il décrit avec soin les thermomètres et leur construction, et particulièrement le thermomètre différentiel de M. Leslie. Il s'occupe ensuite du rapport de la force de cohésion qui tend à unir les molécules intégrantes des corps, et la force répulsive du calorique qui tend à les éloigner; ce qui le conduit à examiner la liquéfaction des corps par le calorique, la formation et la tension des vapeurs, l'ébullition des liquides. Il considère ensuite la décomposition des corps par le calorique et leur contraction par le froid, leur calorique spécifique et les différentes méthodes par lesquelles on le détermine, enfin les sources dont il émane, et qui sont le soleil ou les corps qui l'abandonnent, soit par l'effet de la compression, soit par celui de la combinaison.

L'auteur examine ensuite la lumière; mais il ne la considère que sous le rapport des effets chimiques qu'elle produit. C'est sous ce même rapport qu'il examine l'électricité; il s'arrête particulièrement à la description de la pile, qui est devenue l'instrument le plus puissant de l'analyse chimique, et dont le génie de Davy s'est servi pour produire une grande révolution dans la science. Il décrit la construction de la pile, les principes de son action, les soins qu'elle exige et les effets de la polarité qu'elle introduit entre les élémens des combinaisons.

Après avoir examiné les caractères généraux de l'affinité et les propriétés des fluides impondérables dont l'action s'étend sur toute la nature, l'auteur passe à

l'examen des corps pondérables simples et composés, et d'abord il établit les règles de la nomenclature qui doivent guider dans la dénomination des corps composés, pour qu'elle puisse indiquer les élémens qui entrent dans leur composition et les rapports qu'ils ont avec les autres élémens; secours puissant pour l'étude, pour l'enseignement et pour les communications mutuelles.

L'oxigène étant le corps dont l'action est la plus générale et la plus importante à connaître, c'est par lui que l'auteur commence l'étude des corps pondérables; il s'occupe ensuite des corps combustibles simples et composés; il passe de là aux oxides et aux acides, ou aux composés qui résultent de la combinaison des corps combustibles avec l'oxigène. L'examen des oxides et des acides le conduit à traiter de leur action réciproque et des nombreux composés qu'ils peuvent former. Il profite des notions acquises jusque-là pour exposer l'extraction des métaux. Après avoir fait connaître les propriétés des minéraux ou des corps inorganiques, il expose celles des corps organiques ou des matières végétales et animales.

En général il examine les corps sous sept rapports : il expose 1° leurs principales propriétés physiques; 2° celles de leurs propriétés chimiques qui dépendent du rang qu'ils doivent occuper; 3° les divers états sous lesquels on les rencontre dans la nature; 4° la manière dont on peut les obtenir purs; 5° leur composition; 6° leurs usages; 7° l'histoire abrégée de leur découverte ou de celle de leurs propriétés les plus saillantes. J'observerai, à cet égard, qu'on ne doit point reprocher à M. Thenard de n'avoir pas indiqué tous les travaux par lesquels les chimistes se sont signalés; ces détails

auraient été étrangers à un ouvrage élémentaire : ainsi, en traitant des oxides, il a dû s'arrêter aux résultats qui lui ont paru mériter le plus de confiance par la perfection à laquelle l'analyse a été portée récemment; tels sont en particulier ceux que l'on doit au célèbre Berzélius, que l'auteur a cru devoir adopter.

Il ne suffit pas à celui qui étudie la chimie d'avoir une connaissance exacte des propriétés des corps; il faut encore qu'il apprenne par quels procédés on peut déterminer leur nature, la proportion de leurs principes constituans et leur application : ce sont ces procédés qui constituent l'analyse chimique proprement dite.

Cette partie importante, qui vivifie la science, a fait, de nos jours, de grands progrès qui sont dus particulièrement aux propriétés découvertes et surtout à l'alliance de la physique, qui en a fait elle-même de considérables. M. Thenard expose les principes de l'analyse dans huit chapitres : dans le premier, il traite des manipulations communes à un grand nombre d'analyses; dans le second, de l'analyse des gaz; dans le troisième, de celle des corps combustibles; dans le quatrième, de celle des corps brûlés; dans le cinquième, de celle des sels; dans le sixième, de celle des eaux minérales; dans le septième, de celle des substances organiques : on trouve dans ce chapitre la description du procédé ingénieux dont il a fait usage, avec son ami Gay-Lussac, dans le bel ouvrage qu'ils ont publié en commun, et celle des procédés analogues de MM. Berzélius et de Saussure. Enfin, dans le huitième chapitre, il donne les moyens de reconnaître facilement à quelle classe un corps qu'on veut analyser appartient.

Le premier volume de cet ouvrage date de 1813 : les circonstances qui nous ont enveloppés ont retardé la publication des autres volumes, et ce n'est qu'en 1816 que le dernier a pu paraître ; mais dans ces trois ans la science a fait des découvertes qui affectent même les bases sur lesquelles elle était établie. L'auteur fait connaître, dans des additions, ces découvertes avec le soin qu'il a mis dans le tableau général de nos connaissances, telles qu'elles étaient à l'époque où il a commencé la publication de son ouvrage.

L'iode ; l'explication des phénomènes de l'acide muriatique oxigéné, considéré, sous le nom de *chlore*, comme un être simple ; la nature de l'acide prussique dévoilée par M. Gay-Lussac ; les corps gras qui, par l'action des alkalis, prennent le caractère d'acide, et qui ont été placés par M. Chevreul au rang des substances qui forment des combinaisons régulières ; les phénomènes que présentent l'acide oxalique et quelques oxalates qu'a fait connaître M. Dulong, sont une partie des objets nouveaux dont traite M. Thenard dans ses additions ; il termine enfin son ouvrage par la description de l'ingénieuse échelle synoptique des équivalens chimiques de M. Wollaston.

Dans les acquisitions rapides que la chimie continue de faire, ceux qui ne peuvent plus suivre que de l'œil les nobles émules qui brillent dans la carrière, conservent néanmoins le plaisir d'applaudir à leurs succès.

Extrait d'une Thèse sur les Combinaisons du Mercure avec l'Oxigène et le Soufre, présentée à l'Ecole spéciale de Pharmacie de Paris;

PAR M. GUIBOURT,

Chef des Magasins de la Pharmacie centrale des Hôpitaux civils.

LE protoxide de mercure, dont l'existence n'est point douteuse, pendant qu'il est en combinaison avec les acides, ne peut être obtenu isolé. En décomposant du protonitrate ou du protochlorure de mercure par la potasse, et en excluant avec soin la présence de l'air, on obtient un précipité d'un noir jaunâtre, qui, traité par l'acide hydrochlorique, donne du protochlorure et du deutochlorure de mercure. Ce même précipité, lavé et séché, présente de petits globules de mercure visibles à la loupe, et qui le deviennent à l'œil nu lorsque l'on comprime le précipité entre deux corps durs (1).

---

(1) On savait que le protoxide de mercure se change, par la chaleur ou par la lumière, en mercure et en deutoxide; et comme M. Guibourt ne parle pas de l'action de la lumière, et qu'il a employé quelquefois la chaleur, on pourrait conserver quelque doute sur l'exactitude du résultat qu'il annonce : mais je me suis assuré, en répétant ses expériences dans l'obscurité à la température ordinaire de l'air, qu'il est parfaitement exact. Quoique le précipité du protonitrate de mercure, récemment obtenu, donne du protochlorure de mercure lorsqu'on le traité par l'acide hydrochlorique, on n'en peut pas conclure qu'il renfermait du protoxide, parce que le mercure qui se sépare au moment de la précipitation,

D'après ce résultat vraiment intéressant, on ne peut, quoique plusieurs chimistes aient avancé le contraire, obtenir le protoxide de mercure en triturant ensemble le mercure et son peroxide : on ne doit obtenir qu'un mélange dont la couleur brune est due à la grande division du métal et même à celle de l'oxide. Ce résultat explique aussi pourquoi il n'est pas possible de produire immédiatement le protoxide en chauffant le mercure dans l'air.

Quoiqu'on ne puisse pas obtenir le protoxide de mercure isolé, on peut néanmoins connaître la quantité d'oxigène qu'il contient en déterminant celle qui existe dans le mélange de mercure et de peroxide, qu'on obtient en décomposant le protonitrate ou le protochlorure de mercure par la potasse. En chauffant ce mélange assez fortement pour décomposer le peroxide, M. Guibourt a trouvé que le protoxide est composé de 100 parties de mercure et de 4,5 d'oxigène : avec le peroxide il a obtenu 8 parties d'oxigène. Ces proportions se rapprochent de celles qui ont été adoptées d'après les expériences de MM. Fourcroy et Thenard, et qui, en prenant 10 pour représenter l'oxigène, sont exprimées de la manière suivante :

Protoxide = { 10 Oxigène, 251 Mercure. | Peroxide = { 20 Oxigène. 251 Mercure (1).

étant très-divisé, agit facilement sur le deutochlorure et le ramène à l'état de protochlorure. Ce qui prouve qu'il en est ainsi, c'est que la proportion de l'un à l'autre de ces composés est variable selon que le mercure est en poudre très-fine ou en globules apparens. G. L.

(1) M. Guibourt paraît disposé à admettre que le mercure s'oxide à la température ordinaire par une longue agitation

Le peroxide de mercure étant exposé pendant longtemps à la lumière, une partie se décompose complètement : il est soluble dans l'eau et lui communique une forte saveur métallique, la propriété de verdir le sirop de violettes, de brunir par l'acide hydrosulfurique, de se troubler de suite par l'ammoniaque, qui y forme un ammoniure moins soluble que l'oxide lui-même, de se recouvrir à l'air d'une pellicule éclatante qui se renouvelle à mesure qu'elle se précipite, et qui, rassemblée et séchée, laisse apercevoir à la loupe du mercure métallique.

Le composé d'ammoniaque et de peroxide de mercure laisse dégager beaucoup d'ammoniaque lorsqu'on l'expose à l'action de la chaleur; une autre portion de l'alkali se décompose et donne naissance à de l'eau : 108 parties de peroxide, représentant 100 parties de métal, produisent 114,7 d'ammoniure de mercure. Par le calcul, en prenant une quantité d'ammoniaque telle que son hydrogène sature l'oxigène de l'oxide, on trouve que 108 parties d'oxide doivent produire 113,7 d'ammoniure.

Aux deux oxides de mercure correspondent deux sulfures, le sulfure noir et le sulfure rouge. Le premier, préparé en faisant agir de l'acide hydrosulfurique en excès sur le protochlorure de mercure, est d'un beau noir : si on le chauffe, on obtient du mercure et du cinabre; il se produit aussi de l'acide hydrochlorique et de l'acide hydrosulfurique; mais la quantité en est trop petite pour qu'on doive les regarder comme essen-

---

avec l'air; mais ses résultats ne me paraissent pas assez concluans pour qu'on les admette. G. L.

tiels à la nature du sulfure. Ce sulfure présente, comme le protoxide, la propriété de donner du mercure lorsqu'on le comprime; et, d'après ce fait, on doit le considérer comme étant un mélange de cinabre et de mercure: chauffé avec du fer, on obtient 100 parties de mercure pour 108,2 de sulfure.

En décomposant le deutochlorure de mercure par de l'acide hydrosulfurique en excès, on obtient un précipité noir, qu'il serait impossible de distinguer du précédent par son aspect extérieur, mais qui en est très-différent; car, en le sublimant, il se change entièrement en cinabre. Décomposé par le fer, on trouve qu'il est formé de 100 parties de mercure et de 16,0 de soufre, de même que le cinabre du commerce. Ces proportions, d'accord avec celles qui ont été obtenues par plusieurs chimistes, confirment celles des deux oxides. M. Guibourt pense que le sulfure noir obtenu en décomposant le deutochlorure de mercure par l'acide hydrosulfurique en excès, ne diffère du cinabre que par l'interposition de quelques atomes de corps étrangers, et il en donne pour preuve qu'il y a manière d'opérer la décomposition du deutochlorure par l'acide hydrosulfurique pour qu'il en résulte du cinabre. Avec du temps et du repos les molécules du sulfure se rapprochent de plus en plus, expriment, pour ainsi dire, les molécules étrangères qui les séparent, et enfin arrivent au degré de densité nécessaire pour produire la couleur rouge. On n'obtient pas constamment le cinabre par le moyen indiqué: sur trois essais, deux seulement ont réussi à M. Guibourt.

La variété des couleurs qu'offre souvent le sulfure de mercure a été regardée par plusieurs chimistes comme

une preuve de l'existence de plusieurs sulfures. M. Guibourt montre l'insuffisance de cette preuve, et il conclut des expériences qu'il a faites, qu'il n'existe qu'un sulfure de mercure, celui qui correspond au peroxide de mercure ou le cinabre.

Lorsqu'on précipite une dissolution de deutochlorure de mercure par l'acide hydrosulfurique, on obtient, si ce dernier acide n'est pas en quantité suffisante, un précipité d'un blanc gris, dans lequel MM. Fourcroy et Thenard avaient reconnu l'existence du soufre et de l'acide muriatique. M. Guibourt remarque que ce composé est un *chlorosulfure* de mercure, et que le précipité que produit l'acide hydrosulfurique dans le nitrate de mercure doit être un *oxisulfure*. C'est un ordre particulier de composés sur lesquels M. Gay-Lussac a fixé l'attention des chimistes dans son Mémoire sur l'acide prussique, et dont il s'était borné à citer un petit nombre.

Ce court exposé montre l'importance de la thèse de M. Guibourt : nous désirons, pour l'Ecole de Pharmacie, qu'on lui en présente souvent de semblables.

G. L.

Note relative au Mémoire de MM. Colin *et* Robiquet.

PAR M. BERTHOLLET.

En poursuivant en 1785 (1) les propriétés du chlore que je regardais alors comme un composé, j'examinai son action sur l'alcool, et particulièrement sur l'éther. Les

---

(1) *Mémoires de l'Académie* de 1785.

idées où je fus conduit ne méritent pas d'être rappelées; mais je retirai, en traitant l'éther, une substance huileuse aromatique qui me paraît avoir beaucoup de ressemblance avec celle que MM. Robiquet et Colin ont formée par la combinaison du chlore et du gaz oléfiant, ou hydrogène percarburé, et qu'ils font connaître dans le Mémoire qui précède.

Au commencement de 1815, j'ai cherché à obtenir des résultats plus positifs de l'action du chlore sur l'éther : j'ai fait passer sur de l'éther placé dans un petit flacon auquel succédait un second flacon vide et entouré de glace, ainsi que le premier, du chlore qui, en se dégageant, traversait un tube qui contenait, dans sa longueur, du chlorure de chaux qui avait subi la fusion. J'ai continué cette opération jusqu'à ce que la vapeur qui se dégageait d'un tube adapté au second flacon ne fût plus du gaz hydrochlorique, mais du chlore non altéré.

La liqueur qui était contenue dans le premier flacon, et qui avait passé en partie dans le second, avait acquis une augmentation en poids de 6 grammes sur 16; mais son volume avait subi une petite diminution. Transparente, uniforme et seulement colorée par un petit excès de chlore, elle a été étendue de quatre parties d'eau distillée; elle s'est troublée et s'est bientôt divisée en deux couches transparentes. La couche supérieure a été séparée : elle avait une forte saveur d'acide hydrochlorique. C'est la couche inférieure, encore lavée avec de l'eau distillée, qui me paraît analogue à celle que MM. Robiquet et Colin ont décrite, si elle n'est identique. On a mis sur cette liqueur, qui avait l'apparence huileuse, une solution de sous-carbonate de soude, dont l'alkalescence

était dominante. La partie qui refusait de se mêler à l'eau a diminué peu à peu par l'action de l'alkali ; le lendemain son volume était réduit à $\frac{2}{16}$, et non-seulement l'alkalinité avait disparu, mais la liqueur était devenue acide : on a saturé l'acidité en laissant un petit excès d'alkali. Le jour suivant, la couche inférieure s'est encore trouvée diminuée, et la liqueur avait repris de l'acidité. On a continué ainsi depuis le 25 janvier jusqu'au 12 février : la liqueur a continué de s'acidifier et de décroître ; mais cet effet allait en diminuant, de sorte que, lorsqu'on a fini l'expérience, il était devenu très-faible. Sur la fin, la liqueur a pris une légère teinte jaune, et lorsqu'on a cessé l'expérience, son volume était réduit à un peu moins du cinquième, et cependant elle pesait un peu plus de huit grammes. Elle a été traitée à chaud par la potasse et évaporée à siccité. En redissolvant et filtrant, il est resté sur le filtre une matière noire fort charbonnée, soluble en partie dans l'alcool. Toutes les liqueurs alkalines ont été réunies ; elles ont donné avec le nitrate d'argent du chlorure d'argent qui, étant fondu, a pesé 420gr.,773.

On aperçoit que, dans l'expérience précédente, il se dégage ou il se forme beaucoup d'eau ; car le liquide que l'on obtient d'abord contient beaucoup d'acide hydrochlorique, qui exige, pour être réduit à l'état liquide, une grande proportion d'eau, et le chlore avait été desséché ; l'éther avait été employé au plus haut degré de concentration.

Cette eau est due aux proportions d'hydrogène et d'oxigène qui se trouvaient dans l'éther et qui se réunissent pendant que l'éther est décomposé par l'action du chlore ;

car M. de Saussure a fait voir que l'éther est représenté par le gaz oléfiant uni avec le quart de son poids des élémens de l'eau (1).

Le chlore est changé en grande partie en acide hydrochlorique en se combinant avec une portion de l'hydrogène, que l'on regarde comme partie constituante de l'hydrogène percarburé. Une autre partie du chlore se combine avec le carbone et ce qui reste d'hydrogène, pour former la substance huileuse. L'action de l'alkali détermine successivement une portion du chlore qui était entré en combinaison, à se changer en acide hydrochlorique, de sorte que la proportion du carbone va en croissant à mesure que l'action de l'alkali fait des progrès.

Je n'ai pas tenté l'analyse directe de la liqueur huileuse pour appuyer et vérifier ces considérations; mais elle ne donnerait des proportions fixes que dans son état primitif: à mesure qu'elle s'altère par l'action de l'alkali, ses proportions changent. On peut la comparer à une huile essentielle qui se résinifie peu à peu. Les expériences de MM. Robiquet et Colin répandent un plus grand jour sur cet objet.

La décomposition de l'alcool par l'action du chlore donnerait sans doute des résultats qui ne doivent différer des précédens que par la plus grande proportion des élémens de l'eau qui, selon M. de Saussure, distingue l'alcool de l'éther.

---

(1) *Bibliot. britan.*, vol. LIV.

Extrait des Séances de l'Académie royale des Sciences.

Séance du lundi 1er *avril* 1816.

On présente cinq fascicules in-fol. des *Eclogæ plantarum rariorum*, de M. Jacquin.

M. Aubert du Petit-Thouars fait part à l'Académie de divers phénomènes produits par les dernières gelées.

M. Robiquet lit un Mémoire intitulé : *Recherches sur la matière huileuse des chimistes hollandais.* (Voyez ci-dessus, page 337.)

M. Cauchy lit un Mémoire *sur diverses formules relatives à la détermination des intégrales définies, et sur la conversion des différences finies des puissances, en intégrales de cette espèce.*

L'Académie se forme ensuite en comité secret pour discuter le mérite des candidats qui se présentent pour remplir la place vacante dans la section de minéralogie, par la mort de M. Duhamel.

Séance du lundi 8 *avril* 1816.

L'Académie reçoit les ouvrages suivans :

Manuel du Tourneur, par M. Hamelin Bergeron ; 2me édition ; 2 vol. in-4° et un volume de planches ;

Un nouveau Numéro de *la Correspondance sur l'École Polytechnique*, par M. Hachette ;

Des Mémoires manuscrits de M. Fretau, *sur divers épanchemens dans la poitrine ; sur la classification des hydatides de l'homme ; sur la maladie vénérienne*, et *un Traité élémentaire sur l'emploi des émissions san-*

guines. MM. Portal et Hallé sont chargés d'en rendre compte.

On renvoie de même à l'examen d'une commission un ouvrage manuscrit de M. Héron de Villefosse, relatif à l'exploitation des mines.

L'Académie va au scrutin pour la nomination à la place vacante dans la section de minéralogie. M. Brochant réunit 32 voix : M. Cordier, 27. Le nombre des votans était de 59.

M. Biot lit une note sur de nouvelles expériences de diffraction. (Le contenu de cette note est renfermé dans le compte que nous avons rendu du travail de M. Biot, dans le cahier de mars.)

M. Rochon présente un objectif de Dollond, d'environ 3 pouces $\frac{1}{2}$ de diamètre, qui avait été cassé, et qu'il a rétabli en le collant avec de la térébenthine (1).

(1) L'objectif dont M. Rochon a entrepris la restauration était triple et achromatique; l'une des deux lentilles de *crown-glass* s'était brisée en un très-grand nombre de fragmens, dont plusieurs furent égarés; l'autre était intacte : quant à la lentille de *flint-glass*, elle se compose de *vingt-deux* segmens triangulaires d'inégale grandeur, et qui aboutissent à peu près à son centre. Ces segmens, rajustés le mieux qu'il a été possible, ont été placés sur la première lentille de crown; une nouvelle lentille de la même espèce de verre, et travaillée sur des courbures convenables, remplace celle dont on n'a pu réunir les débris. De l'essence de térébenthine a été introduite entre les surfaces des trois verres juxta-posés, tant pour diminuer les effets des irrégularités du travail des surfaces que pour maintenir dans une position invariable les divers fragmens du verre intermédiaire. Cet

M. Léveillé lit un Mémoire sur *les apoplexies pulmonaires*.

Séance du lundi 15 *avril* 1816.

M. de Prony offre un exemplaire de ses Leçons de mécanique analytique, données à l'Ecole royale Polytechnique, 2e partie; 1 vol. in-4°. Paris, 1815.

On présente la 7me édition du *Traité de la Sphère de Rivard*, revue et augmentée par M. Puissant.

M. du Petit-Thouars communique de nouvelles obser-

---

objectif, dont j'ai eu l'occasion de me servir, produit un effet beaucoup meilleur qu'on n'aurait osé l'espérer, vu le grand nombre de pièces dont il se compose : il était surtout à craindre que chacune des vingt-deux portions de la lentille intermédiaire de flint-glass ne fournît une image particulière, comme le font les deux segmens de l'objectif dans l'héliomètre, et qu'on n'aperçût soit des images multiples, soit une image diffuse produite par la superposition partielle de plusieurs images focales plus ou moins séparées; mais telle est la justesse avec laquelle il a été possible de réunir les petits fragmens du flint-glass, qu'on ne distingue pas de double image, lors même que l'instrument est dirigé vers une mire très-déliée, telle, par exemple, qu'une tige de paratonnerre qui ne soutend pas un angle de plus de 5″. Il me paraît, du reste, assez douteux qu'on eût aussi complètement réussi s'il avait fallu remplacer à la fois les *deux* lentilles de crown-glass. Quoi qu'il en soit, cet essai doit suffire pour prouver aux observateurs que les *fragmens* d'un bon objectif peuvent avoir quelque valeur, et qu'il est possible qu'un artiste habile, dans quelques circonstances du moins, en tire un assez bon parti.

ons relatives aux effets que les dernières gelées ont luits sur divers arbres.

'auteur avait déjà remarqué, en mars 1813, que les 's épanouies des arbres fruitiers à noyau, surtout abricotiers, n'avaient pas souffert, quoiqu'elles ent été exposées à une gelée de 4 ou 5 degrés au-us de zéro, et qu'il se fût formé un petit gla- dans l'espace vide qui se trouve au fond du e. Cette année, dans plusieurs matinées du mois il, le même botaniste a trouvé, en entamant quel- nouvelles pousses, qu'il s'était formé un cylindre au de glace entre l'écorce et le bois, et par con- ent dans l'espace qu'occupe le *cambium*. Cet effet eu lieu sur les bourgeons à fleur du poirier, quoi- s fussent encore loin de leur épanouissement; il it aussi des glaçons dans la substance même des es d'iris et autres monocotylédones : dans celles du ils formaient une boursoufflure sur la surface infé- e, etc.; or, quoique ce phénomène se fût renouvelé plus ou moins d'étendue pendant plus de huit jours cutifs, il ne paraissait pas cependant qu'aucun de gétaux eût souffert.

Sarrazin, chirurgien à Bellengise, donne des dé- ur de nouvelles expériences dont il a consigné les tats dans un Mémoire qui est déposé au ministère ntérieur.

uteur *prétend* qu'en superposant d'une certaine re un nombre plus ou moins considérable de bar- aimantés, on forme des piles qui produisent des analogues à ceux des piles galvaniques. Des com- ires examineront ce travail.

On communique une lettre de M. Lemonnier sur une pluie d'insectes qui a eu lieu dans le Jura.

M. Duméril, auquel on a remis un de ces insectes, l'a reconnu pour une larve de coléoptère du genre des téléphores.

M. Yvart continue son rapport verbal sur les ouvrages de sir John Sinclair.

M. Laffore présente un instrument propre à copier toutes sortes de dessins.

Séance du lundi 22 *avril* 1816.

M. Biot offre à l'Académie un exemplaire de son *Traité de Physique expérimentale et mathématique*, 4 vol. in-8°. (Cet ouvrage nous fournira le sujet de plusieurs articles dans les cahiers suivans.)

MM. Prony et Girard examineront la note que M. Laudren a envoyée sur un nouveau syphon.

M. Ampère, au nom d'une commission, lit un rapport sur un Mémoire de M. Guyon, intitulé: *Mouvement central*. Cet écrit n'ayant paru mériter aucune attention, nous nous abstiendrons d'en parler plus longuement.

Le même savant fait ensuite un second rapport sur un manuscrit de l'abbé Pousson, relatif à l'arithmétique.

M. Laffore continue l'exposition de ses moyens pour faire et réduire toutes sortes de dessins, soit d'après un modèle, soit d'après nature.

On lit un Mémoire dernièrement envoyé par M. Proust, sur un cétacé d'une forme tout-à-fait extraordinaire et qu'on a cru pouvoir rapporter au jubar. L'auteur du Mémoire est le Père Mûnos.

On lit un Mémoire de M. Marcel de Serres sur les

poissons, les crustacés et les mollusques qui peuvent être transportés de l'eau salée dans l'eau douce, et réciproquement, pour parvenir à la distinction des terrains d'eau douce de ceux formés dans l'eau salée.

Séance du lundi 29 avril 1816.

M. de Humboldt présente le 3me fascicule de ses *Nova Genera et Species Plantarum, etc.*

L'Académie reçoit la 3me Dissertation de M. Placidus Heinrich sur la phosphorescence des corps;

Des Tables des diviseurs pour tous les nombres du 3me million, par M. Burckardt;

Le Rapport du Conseil des Travaux publics du département de la Seine, sur la qualité de la céruse de Clichy, etc. (1)

---

(1) Ce rapport, rédigé par M. Héricart-de-Thury, renferme les résultats des essais auxquels la céruse de Clichy a été soumise comparativement avec la céruse de Hollande. Nous nous empressons de transcrire ici les conclusions qui le terminent, et qui sont les conséquences évidentes tant des expériences multipliées du Conseil des Travaux publics, que de celles d'un grand nombre d'architectes, de peintres et de manufacturiers de la capitale.

Le Conseil, après les épreuves qu'il a faites et qui ont duré une année, est fondé à croire :

1°. Que l'extrême division reprochée à la céruse de Clichy est au contraire un avantage qui en rend le broiement plus facile et plus parfait;

2°. Qu'elle *couvre* autant que celle de Hollande;

3°. Que s'il arrive quelquefois qu'elle *couvre* moins, cet

M. Girard lit un Mémoire sur le mouvement des fluides dans les tubes capillaires.

Les premières expériences qui aient fait apercevoir l'influence de la température sur les produits de l'écoulement des fluides par des tubes d'un petit diamètre sont dues à Dubuat, et sont rapportées dans son *Traité d'Hydraulique* : « *On voit*, » dit cet auteur, en terminant le chapitre qui contient le tableau de ses expériences, « *que l'eau se meut d'autant moins vite qu'elle* « *s'approche davantage du terme de la congélation,* « *et qu'au contraire elle coule beaucoup plus vite à*

---

effet n'a lieu que lorsqu'elle est délayée dans une trop grande quantité d'huile;

4°. Qu'alors même ce défaut est compensé par la plus grande surface qu'elle peut recouvrir;

5°. Qu'elle sèche plus promptement et qu'elle *adhère* plus fortement au corps qu'elle couvre;

6°. Que la céruse de Clichy est d'une blancheur si éclatante, qu'en l'examinant à côté de celle de Hollande on a peine à croire que celle-ci n'ait pas été altérée par un peu de noir;

7°. Que les teintes colorées faites avec la céruse de Clichy ont plus de fraîcheur et de vivacité, et qu'elles sèchent plus promptement que celles qui sont faites avec la céruse de Hollande.

(L'importation du blanc de plomb et des céruses coûtait anciennement à la France plus de *quatre* millions annuellement. La manufacture de M. Roard à Clichy est assez étendue pour en fournir, tous les ans, au commerce, sept à huit cents milliers, et pour en exporter au moins une égale quantité.)

« *mesure qu'elle s'en éloigne. L'eau salée,* ajoute-t-il, « *coule moins vite que l'eau douce à la même tempé-* « *rature.* » Les degrés extrêmes, pendant les expériences de Dubuat, ont été les 3me et 56me du thermomètre de Réaumur.

Dix ans après la publication des principes d'hydraulique de Dubuat, c'est-à-dire en 1796, M. Gertsner, professeur à Prague, entreprit une suite d'expériences analogues qui ont été publiées en 1800 dans le Journal de Gilbert, et d'où il résulte, 1° que les changemens qu'éprouvent les vitesses d'écoulement par les variations de la température sont plus considérables dans les tubes d'un plus petit diamètre que dans ceux d'un diamètre plus grand; 2° que ces changemens sont moins sensibles dans les grandes vitesses que dans les petites; 3° enfin que l'influence de la température sur le produit de l'écoulement est d'autant plus considérable que le degré du thermomètre approche davantage du terme de la congélation. M. Gertsner attribue l'augmentation des produits de l'écoulement, à mesure que la température s'élève, à une *augmentation de fluidité*, et imagine que cette cause pourrait servir à expliquer l'accélération des humeurs de différente nature qui circulent dans les vaisseaux capillaires des corps organisés par de hautes températures, et surtout comment la végétation est plus active pendant les temps chauds que pendant l'hiver.

Les expériences du physicien allèmand ont été faites avec des tubes de $\frac{3}{5}$, de $\frac{4}{5}$, de $\frac{5}{6}$, de $\frac{10}{7}$, de $\frac{8}{5}$, de $\frac{5}{3}$, de $\frac{12}{5}$ de ligne de diamètre, et avec des longueurs qui ont varié depuis 8 jusqu'à 63 pouces.

M. Girard, sans connaître les travaux de Dubuat et de Gertsner, avait aussi reconnu, de son côté, l'influence des changemens de température sur les produits de l'écoulement; mais ses expériences, comparées à la formule générale de l'écoulement des fluides, l'ont conduit à des conséquences plus étendues.

En appelant g la gravité, h la hauteur ou charge d'eau constante au-dessus du centre de l'orifice d'un tube, l la longueur de ce tube, d son diamètre, et u la vitesse *uniforme* d'écoulement, on a entre ces quantités l'équation :

$$\frac{gdh}{4l}=au+bu^2.$$

a et b étant des coefficiens qui doivent être déterminés par l'expérience, et qui dépendent de l'adhésion du liquide à la surface sur laquelle il glisse; adhésion qui, du reste, peut seule contre-balancer les effets de la force accélératrice et établir l'uniformité du mouvement dans les couches fluides.

Cela posé, M. Girard a déduit de ses expériences les conséquences suivantes :

1°. Sous une charge quelconque, lorsque le tube capillaire par lequel l'écoulement a lieu est parvenu à une certaine longueur, le terme proportionnel au carré de la vitesse disparaît de la formule du mouvement uniforme;

2°. La limite de la longueur du tube à laquelle le carré de la vitesse disparaît de la formule générale du mouvement uniforme, est d'autant plus éloignée de l'origine de ce tube que les charges d'eau au-dessus de son orifice sont plus considérables;

3°. Toutes choses égales d'ailleurs, la limite de lon-

gueur du tube à laquelle le mouvement du fluide devient linéaire, est encore d'autant plus éloignée de l'origine du tuyau que son diamètre est plus grand.

4°. Lorsque le mouvement de l'eau dans les tubes est devenu linéaire, les variations de la température exercent sur les produits de l'écoulement une influence telle que, dans l'intervalle de zéro à 86 degrés du thermomètre centigrade, ces produits varient dans le rapport de 1 à 4.

5°. En deçà de la limite à laquelle le mouvement commence à être linéaire, et lorsque, par la diminution de sa longueur, le tube se trouve réduit à un simple ajutage, le produit de l'écoulement ne varie que dans le rapport de 5 à 6 environ pour un intervalle thermométrique compris entre zéro et 87 degrés.

6°. Le coefficient de la première puissance de la vitesse qui entre dans l'expression de la force retardatrice du mouvement linéaire, varie avec le diamètre des tubes mis en expérience.

7°. Les coefficiens *a* de la vitesse qui, pour des tubes de différens diamètres, ont des expressions différentes à une température donnée, approchent d'autant plus de l'identité que la température est plus haute.

8°. Quel que soit le diamètre d'un tube capillaire, les variations dans les produits de l'écoulement d'un degré de température à l'autre sont d'autant plus considérables que la température est plus basse.

9°. La loi de variabilité qui exprime les rapports des produits de l'écoulement aux degrés de température, se manifeste avec d'autant plus de régularité que les observations ont lieu sur des tubes d'un diamètre plus petit.

10°. La température, qui a une si grande influence sur

les produits de l'écoulement uniforme par les tubes capillaires, cesse d'en exercer une sensible lorsque le mouvement a lieu dans des canaux ouverts ou des tuyaux de conduits ordinaires dont les dimensions sont hors des limites de la capillarité.

M. Girard attribue les différences considérables qu'il a remarquées dans les produits de l'écoulement par des températures inégales, à la propriété qu'ont quelques fluides de s'attacher à la surface de certains corps. Or, le rayon du tube par lequel l'écoulement s'opère est nécessairement *diminué* de toute l'épaisseur de la couche fluide qui adhère à sa surface; et comme, suivant M. Girard, cette adhérence provient de l'attraction à distance qu'exerce la surface du tube sur le fluide qui y est contenu, l'effet doit être d'autant plus sensible que la densité est plus grande; l'abaissement de la température doit donc accroître l'épaisseur de la couche fluide qui reste adhérente à l'intérieur du tuyau, diminuer le diamètre effectif, et par conséquent rendre moindres les produits de l'écoulement. En suivant toujours la même hypothèse, ce savant calcule, d'après ses expériences, l'épaisseur de la couche fluide qui, à chaque température, a dû s'attacher à la surface du tube; à zéro, il ne la trouve pas moindre que *six dixièmes* de millimètre; mais à 100°, elle n'est plus que de $\frac{1}{1000}$ de millimètre (1).

(1) Nous nous proposons d'entrer dans une discussion détaillée de l'hypothèse de M. Girard; mais nous attendrons pour cela que cet ingénieur ait publié le nouveau Mémoire qu'il annonce: pour le moment je me contenterai de remarquer que les expériences qu'il a bien voulu faire, à ma

MM. de Prony, Sané et Ampère font un rapport sur l'ouvrage de feu M. Bremontier, ingénieur des ponts-et-chaussées, *sur le Mouvement des Ondes*.

On trouve dans l'ouvrage de M. Bremontier,

1°. Des observations qui, pendant long-temps, furent regardées comme incompatibles avec la théorie du mouvement des fluides;

2°. Des explications plus ou moins satisfaisantes de divers phénomènes relatifs aux effets des ondes, et à ceux des marées, dont la cause n'était pas connue lorsque l'auteur en fit l'objet de ses recherches;

3°. Des applications de la théorie soit à la navigation, soit aux constructions hydrauliques à la mer.

Parmi les observations de M. Bremontier, il y en a une d'autant plus curieuse qu'elle devait être regardée comme inexplicable avant le travail que vient de faire M. Poisson sur le mouvement des ondes. Ce travail a fait voir que l'ébranlement d'une petite portion d'une masse fluide y produit deux systèmes d'ondes dont le premier disparaît promptement, et est suivi d'un second système dont les

---

prière, dans la partie inférieure de l'échelle thermométrique, entre 0° et 4°, semblent contraires à sa théorie, puisque la vitesse d'écoulement *diminue* jusqu'à zéro, quoique, d'après les expériences des physiciens, ce terme ne soit pas celui de la plus grande condensation de l'eau. J'ajouterai encore que ces changemens de vitesse se font, entre 10° et 0°, avec beaucoup de régularité, et sans qu'on aperçoive aucun saut brusque à 4°, c'est-à-dire au moment où, par des causes qui nous sont inconnues, la densité de l'eau commence à diminuer, quoique la température s'abaisse.

ondes se meuvent avec une vitesse moindre et dépendante des dimensions du corps qui imprimé le mouvement au fluide, conformément à ce qu'a observé M. Bremontier. Les commissaires citent aussi comme dignes d'intérêt les remarques que cet ingénieur a faites sur la relation qui existe entre la longueur et la largeur d'une onde dans les changemens auxquels elle est assujettie à mesure qu'elle s'étend à la surface d'une eau tranquille; sur les dimensions qu'elle prend par l'action continuée de la cause qui l'a produite, suivant que le bassin où elle se forme est plus ou moins étendu ou plus ou moins profond; sur les changemens qu'elle éprouve quand, après avoir commencé par des points où la profondeur est considérable, elle arrive dans des endroits où le fond se rapproche de la surface de l'eau, etc., etc. M. Bremontier admet dans son ouvrage que les agitations de la mer peuvent se faire sentir à une grande profondeur, et cite, à l'appui de cette opinion, plusieurs faits que les commissaires ont trouvés concluans : la partie de la théorie mathématique du mouvement des fluides, qui se rapporte à la profondeur des vagues, leur semble donc mériter un nouvel examen. L'auteur donne des explications satisfaisantes de divers phénomènes constatés par l'expérience, tels que le retour *périodique* d'une lame plus considérable parmi celles qui le sont moins; le rejaillissement d'une partie des lames à une grande hauteur, dans les circonstances qui donnent lieu à cet effet; la prompte destruction des talus sur lesquels brisent les vagues, etc., etc. Mais l'explication que donne M. Bremontier de la *barre* ou *mascaret*, dans les fleuves, paraît laisser quelque chose à désirer.

Quant aux applications que M. Bremontier fait de sa théorie à la pratique des constructions hydrauliques à la mer, les commissaires ont pensé qu'il était difficile d'en juger sans le secours d'expériences faites en grand, et se sont bornés à émettre le vœu que celles que M. Bremontier avait commencées soient reprises et complétées. *A*.

Sur un Phénomène de la Vision.

PAR SIR EVERARD HOME.

La faculté dont jouit l'œil de l'homme de s'adapter successivement, par le seul acte de la volonté, à la vision distincte des objets diversement éloignés, a beaucoup occupé les physiciens et les anatomistes. Les uns supposent que les procès ciliaires, les muscles extérieurs, etc., peuvent contracter le diamètre de l'œil et allonger son axe, et croient trouver dans le même mécanisme les moyens de faire changer la convexité de la cornée ; les autres admettent que la zone ciliaire, ainsi nommée par Zinn, permet aux enveloppes de l'œil de pousser momentanément le cristallin en avant ; Bourdelotconjecture que la contraction de la pupille accroît la convexité de cette lentille; Young pense que ce changement de forme peut seul expliquer les phénomènes de la vision, et en conclut que la totalité ou du moins une partie de la capsule cristalline doit avoir une texture musculaire, tandis que Lahire, dont Haller et d'autres anatomistes célèbres ont adopté l'opinion, soutient que la contraction et la dilatation de la pupille sont les seuls changemens auxquels l'œil puisse être sujet. Il m'a semblé, au milieu de ce con-

flit d'opinions différentes, que le lecteur verrait avec intérêt l'observation suivante de sir Everard Home, que j'extrais d'un nouveau journal anglais, intitulé : *A Journal of Science and the Arts. Edited at the Royal institution of great Britain.*

« Un individu eut une attaque d'apoplexie dans la cin-« quante-troisième année de son âge, et resta par suite, « pendant quatre jours, dans un état comateux; il était « complètement paralysé du côté droit; la paupière de « l'œil droit était fermée, le coin de la bouche soulevé du « même côté; il avait perdu l'usage de la parole, et ne « voyait pas avec l'œil gauche, quoique cet organe eût « conservé son aspect naturel; l'ouïe et le goût n'avaient « pas été affectés. En trois mois, le malade se trouva en « état de se promener plusieurs heures consécutives. Sa « figure avait recouvré son état ordinaire, à cela près ce-« pendant que la paupière de l'œil droit n'était pas tout-« à-fait ouverte. Il ne pouvait pas lire, tant les objets rap-« prochés lui paraissaient confus, et distinguait parfai-« tement au contraire une épingle à la distance de dix pieds. « Je reconnus que le malade avait perdu la faculté d'adap-« ter ses yeux à la vision distincte des objets rapprochés. »

Les expériences qui furent faites sur chacun des deux yeux séparément conduisirent à la même conclusion. Sir Everard Home pense que cette observation offre le premier exemple connu de l'influence qu'une lésion du cerveau peut avoir sur la faculté dont l'œil jouit de s'accommoder à la vision distincte des objets plus ou moins éloignés, et engage les physiologistes à s'occuper de cette question intéressante.

Acide particulier retiré de la laque en bâton.

PAR J. F. JOHN.

Extrait du Journal de M. SCHWEIGER, vol. XV, p. 110.

M. JOHN, après avoir pulvérisé la laque, la lave avec de l'eau, jusqu'à ce qu'elle ne lui communique plus de couleur; et, par l'évaporation, il obtient un résidu qu'il traite par l'alcool. La dissolution alcoolique, évaporée à siccité, laisse un autre résidu qui, à son tour, est traité par l'éther, et ce dernier laisse enfin une masse stupeuse d'un jaune de vin clair, qui, dissoute dans un peu d'alcool, laisse précipiter de la résine par l'addition de l'eau. Le liquide contient l'acide nouveau combiné avec très-peu de potasse et avec des traces de chaux; mais on peut l'en séparer en y versant une dissolution d'acétate de plomb, et en décomposant le précipité par une quantité d'acide sulfurique, justement égale à celle qui est nécessaire pour saturer le plomb.

Cet acide a les propriétés suivantes :

Il est susceptible de cristalliser; il a une couleur d'un jaune de vin très-clair; sa saveur est acide, et il est soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther.

Il précipite en blanc les dissolutions de plomb et de mercure; mais il ne trouble point l'eau de chaux, ni les nitrates d'argent et de baryte.

Seul, ou combiné, il donne un précipité blanc avec les sels oxidés de fer.

Ses combinaisons avec la chaux, la soude et la potasse, dont l'auteur n'a pu encore déterminer la forme cristalline, sont déliquescentes et se dissolvent dans l'alcool.

Sur queques perfectionnemens que M. Reichenbach *a appotés dans la construction des Pompes à feu.*

Trois ›bstacles principaux s'opposaient à l'établissement desmachines à vapeur dans les fabriques, savoir : la difficué de les manier, leur cherté et leur complication. Un machine destinée à produire un effet considérable nécssitait, du moins jusqu'à présent, un cylindre métallique de plusieurs pieds de diamètre et de hauteur, occupaitlans les ateliers un espace assez étendu, occasionait c grandes dépenses d'établissement et d'entretien, etexigeait la présence presque continuelle d'un maître cvrier. Pour rendre l'emploi de ces machines plus usul, il fallait donc, sans rien sacrifier de la force qui leurst propre, rassembler la chaudière et le cylindre dansn petit espace, produire la condensation de la vapeur sıs eau froide, supprimer la disposition embarrassantequi sert à maintenir et à soulever le piston dans la direcon du cylindre, etc., et surtout diminuer la dépenseu combustible.

M. Rchenbach a surmonté très-heureusement toutes ces diffidtés. La chaudière et le cylindre de ses machines sont portifs; le piston ferme d'une manière particulière, avec unpression toujours égale, et se meut sans le secours d'icun appendice extérieur. La chaudière a une forme nivelle et combinée de manière que les plus fortes secouss, celles par exemple qu'elle éprouverait si on la plaçait sr une charrette, n'empêcheraient pas l'eau de bouillir, t ne pourraient jamais en introduire aucune goutte dis le cylindre : des soupapes de sûreté rendent toute exlosion impossible : telle est, du reste, à cet égard, ldisposition des différentes parties de l'appareil, que si, p hasard, les soupapes de sûreté cessaient d'agir, la machie s'ouvrirait d'elle-même et éteindrait le feu. La propiété caractéristique de ces nouvelles pompes est de ne paexiger de condensation de vapeur. M. Reichenbach en construit qui équivalent à la force de *deux chevaux qutirent*, et cependant le cylindre n'a pas plus de *seize poces de hauteur et* DEUX *pouces de diamètre.*

(*Extraitde l'Indicateur des arts et fabriques de Bavière, février* 1816.

Sur la vertu électrique de quelques Minéraux.

PAR M. HAÜY.

« M. Haüy ayant remarqué que des cristaux et des frag- « mens lamellaires de zinc oxidé qu'il n'avait fait chauf- « fer que très-légèrement manifestaient une électricité « sensible, soupçonna que l'élévation de température « pourrait bien être ici superflue, et que peut-être les « corps dont il s'agit étaient habituellement dans l'état « électrique. Il trouva effectivement que la plupart de ces « corps agissaient immédiatement et sans aucun accrois- « sement de chaleur sur l'aiguille dont il se sert dans ce « genre d'expériences, et qui est connue de tous lès miné- « ralogistes. » Par une température de 6° Réaumur au-dessous de zéro, un fragment de zinc oxidé attirait encore l'aiguille d'une manière sensible. « Dans quelques- « uns de ces corps, la vertu électrique subit des intermit- « tences à certains instans; mais souvent il suffit, pour la « faire reparaître, de transporter le corps à un autre en- « droit de l'appartement; souvent aussi le retour à l'état « électrique s'opère spontanément dans le même lieu, un « moment après la cessation des effets. » Les temps humides nuisent à l'action électrique du zinc oxidé; ceux des fragmens qui ne passent pas d'eux-mêmes à l'état dont il s'agit n'ont besoin pour cela que d'être chauffés un instant avec la main. Le zinc oxidé est le seul corps qui, présenté immédiatement à l'aiguille, y ait produit un mouvement: quelques tourmalines d'Espagne deviennent électriques par la simple pression entre les deux mains.

Quelques topazes, surtout celles de Sibérie, d'une couleur blanchâtre, conservent très-long-temps la vertu électrique lorsqu'elles ont été chauffées. « Il y en a une « qui, par un temps favorable, n'a perdu cette vertu « qu'au bout de plus de vingt-quatre heures, tandis « qu'une tourmaline d'Espagne, soumise à une expé- « rience comparative, a cessé, après environ une heure, « d'agir sur l'aiguille. »

(*Extrait du* Journal des Mines.)

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. *Avril* 1816.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	MIDI. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	3 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	9 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	THERMOMÈTRE. maxim.	minim.	ETAT DU CIEL à midi.	VENTS.
1	759,89	+ 5,1	67	758,23	+ 7,6	57	756,30	+ 8,7	55	754,62	+ 4,0	65	+ 8,7	— 0,6	Beau.	E.
2	752,90	+ 4,7	67	752,00	+ 8,9	58	751,09	+10,6	52	750,85	+ 4,5		+10,6	+ 0,5	Beau.	E.
3	751,64	+ 4,4	62	751,72	+ 7,7	56	751,66	+ 9,2	48	753,68	+ 4,2	69	+ 9,3	— 0,7	Légers nuages.	E.
4	756,30	+ 6,1	67	755,88	+10,5	54	755,13	+12,2	47	756,13	+ 7,2	56	+12,2	— 0,4	Beau.	E.
5	755,86	+ 7,1	70	754,26	+14,0	62	752,12	+15,9	54	750,73	+11,1		+16,5	+ 1,7	Légers nuages.	E.
6	747,76	+13,4	73	746,66	+17,9	56	745,30	+16,7	54	744,32	+ 8,7	66	+17,9	+ 4,2	A demi couvert.	O.
7	740,92	+ 7,5	72	740,89	+ 9,2	56	739,91	+11,4	50	739,23	+ 3,4	90	+11,4	+ 3,7	Très-nuageux.	O.
8	737,49	+ 9,1	81	736,87	+10,7	64	736,01	+13,0	56	734,80	+ 4,9	94	+13,0	+ 3,5	Couvert.	S. O.
9	733,32	+ 9,4	85	733,47	+10,9	79	732,67	+12,5	77	735,38	+ 5,5	94	+12,5	+ 4,4	Couvert.	S. E.
10	738,83	+11,1	72	740,33	+12,9	63	741,16	+12,6	62	733,85	+ 6,2	84	+12,9	+ 5,7	Couvert.	S.
11	743,33	+ 9,4	88	744,32	+11,0	86	745,55	+11,6	77	748,22	+ 8,5	90	+11,6	+ 6,2	Petite pluie.	S.
12	751,11	+11,5	73	751,71	+14,6	54	751,61	+14,6	47	752,18	+ 9,7	68	+14,6	+ 5,0	Très-nuageux.	O. N. O.
13	752,11	+ 7,0	80	752,27	+ 6,2	77	751,49	+ 7,5	79	750,83	+ 2,9	84	+ 8,0	+ 2,7	Couvert.	N. O.
14	747,63	+ 5,7	83	746,28	+ 6,9	54	745,04	+ 7,0	60	746,36	0,0	97	+ 7,0	— 0,5	Quelques éclaircis.	N. O.
15	751,98	+ 2,5	72	751,91	+ 5,7	60	751,70	+ 4,0	74	752,60	+ 2,4	84	+ 5,8	— 3,2	Averse de grésil.	O.
16	751,82	+ 7,6	68	750,69	+11,2	50	749,67	+10,4	46	748,51	+ 3,5	65	+11,2	— 0,5	Nuageux.	S. O.
17	746,81	+ 9,1	70	746,20	+15,2	52	745,53	+15,0	56	745,95	+10,0		+15,2	— 1,1	Couvert.	S. O.
18	748,74	+13,2	64	748,79	+15,5	67	748,27	+17,2	55	748,40	+ 9,5	87	+17,2	+ 6,7	Très-nuageux.	O.
19	753,25	+12,9	67	754,76	+12,9	65	756,37	+12,2	40	759,92	+ 5,9	62	+12,9	+ 4,0	Quelques éclaircis.	O.
20	762,07	+ 9,4	66	760,58	+12,9	46	758,64	+14,4	34	756,24	+10,2	49	+14,4	+ 0,2	Beau.	E.
21	751,08	+15,7	70	751,02	+17,0	71	751,14	+15,0	86	751,26	+12,3	96	+19,2	+ 7,7	Pluie.	S.
22	750,41	+13,4	95	750,02	+18,7	74	749,55	+19,0	68	750,24	+13,4	85	+19,0	+12,2	Couvert.	S.
23	751,21	+19,0	61	751,06	+21,6	53	750,75	+22,5	50	751,78	+15,7	72	+22,5	+11,5	Nuageux.	S. E.
24	750,32	+17,2	68	749,82	+21,4	53	749,37	+21,7	50	750,02	+16,6	40	+21,7	+11,9	Légères vapeurs.	E.
25	752,08	+15,9	61	751,57	+18,6	50	751,26	+19,9	38	753,63	+13,7	67	+19,9	+10,5	Nuageux.	E.
26	755,93	+17,2	55	755,67	+20,4	43	755,06	+19,9	36	754,90	+16,5	54	+20,4	+ 8,7	Très-nuageux.	E. N. E.
27	755,44	+16,4	59	754,57	+18,7	49	753,87	+19,6	47	753,70	+15,6	53	+19,6	+10,0	Quelques nuages.	E.
28	752,01	+17,9	60	753,15	+22,0	48	751,95	+21,2	43	751,89	+14,4	53	+22,0	+10,5	Nuageux.	N. E.
29	748,80	+19,9	60	748,08	+21,2	48	747,20	+19,7	50	747,15	+14,2	71	+22,9	+10,1	Quelques éclaircis.	S.
30	746,45	+17,2	69	746,44	+20,2	66	746,44	+16,4	64	748,17	+12,5	83	+20,2	+10,9	Quelques éclaircis.	S. O.
1	747,49	+ 7,8	72	747,03	+11,0	60	746,13	+12,3	55	745,36	+ 6,0	77	+12,5	+ 2,2	Moyennes du 1 au 10.	
2	750,88	+ 8,6	73	750,75	+11,2	61	750,39	+11,4	57	750,92	+ 6,3	76	+11,8	+ 1,9	Moyennes du 11 au 20.	
3	751,37	+17,0	66	751,14	+20,0	56	750,66	+19,5	53	751,27	+14,5	67	+20,7	+10,4	Moyennes du 21 au 30.	
	749,92	+11,1	70	749,64	+14,1	59	749,06	+14,4	55	749,18	+ 8,9	73	+15,0	+ 4,8	Moyennes du mois.	+ 9,9

Planche 1.ère

10 Décimètres.

Fig. 1.re

Fig. 9.

9
8
7
6
5
4
3
2
1
0

N

F

B

Centimètre.

A

P

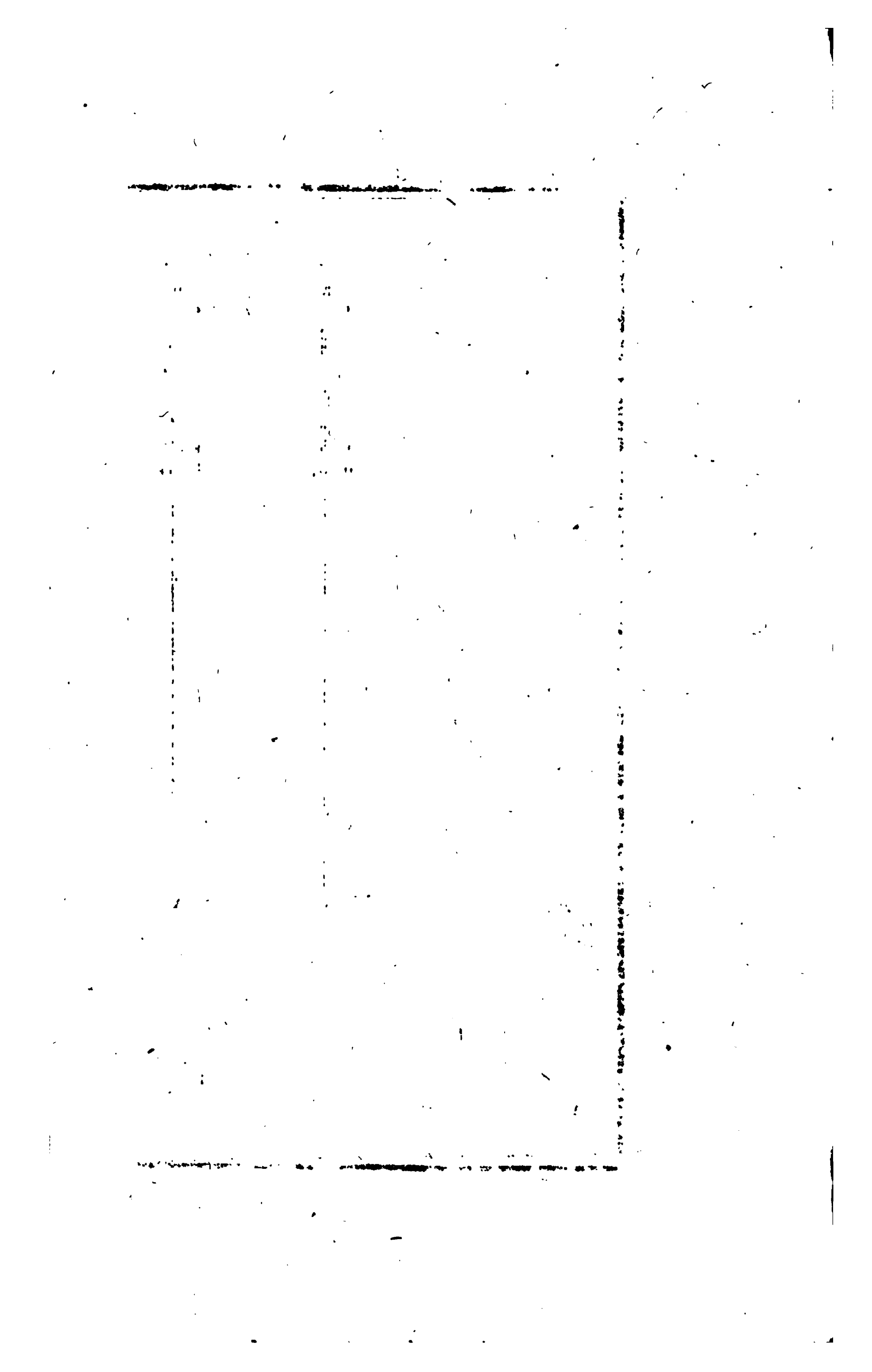
Echelle d'un Décimètre, pour Mètre.

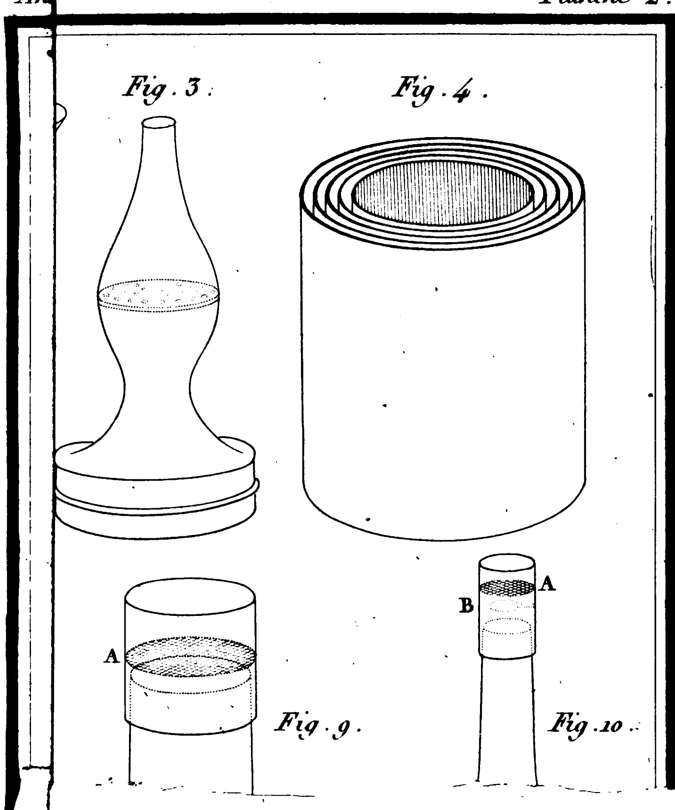
6 Décimètres
5
4
3
2
1
0

Echelle de 2 Décimètres, pour Mètre, Relative à la Fig. 9.

Dessiné par Girard

Gravé par Adam.




Fig. 3.
Fig. 4.
A
Fig. 9.
B
A
Fig. 10.

TABLE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

CAHIER DE JANVIER.

CAHIER D'AVRIL.

FIN DE LA TABLE DU PREMIER VOLUME.

